This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

$B 27 075

YC 13870

Digitized by Google

JUL 16 1900

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
Received July, 1900.
Accession No. 79616. Class No.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Werkzeugstahl.

Kurzgefasstes Handbuch

über

Werkzeugstahl im Allgemeinen,
die Behandlung desselben bei den Arbeiten
des Schmiedens, Glühens, Härtens u. s. w.
und die Einrichtungen dazu.

Für Eisenhüttenleute, Fabrikanten und Werkmeister

gemeinverständlich bearbeitet

von

Otto Thallner,

Hüttenmeister und Betriebschef der Werkzeugstahlfabrik in Bismarckhütte.

Mit 68 Abbildungen.

Freiberg in Sachsen.
Verlag von Craz & Gerlach (Joh. Stettner)
1898.

Digitized by Google

TS320
T39

Alle Rechte, namentlich dasjenige
der Uebersetzung in fremde Sprachen vorbehalten.

79616

Digitized by Google

Vorwort.

Die Veränderungen, welche der Werkzeugstahl durch die verschiedenen Operationen des Schmiedens, Glühens, Härtens, Anlassens u. s. w. erleidet, wurden durch Ledebur, Wedding, Reiser, Osmond etc. theoretisch begründet.

Die aus der Theorie abgeleiteten Regeln für die Beobachtungen bei den vorerwähnten Operationen sind an sich einfacher Natur und leicht verständlich, deren allgemeinere Kenntniss ebensowohl durch die wissenschaftlichen Publikationen der Vorgenannten vermittelt, als auch durch die sogenannten „Behandlungsvorschriften" für den Stahl, welche fast jede Werkzeugstahlfabrik an ihre Kundschaft abgiebt.

Diese Behandlungsvorschriften, fast allein berufen die intimere Kenntniss von Stahl und dessen Behandlung bei der Werkzeugherstellung in jenen Kreisen, welche hiermit vornehmlich betraut sind, zu vermitteln, entbehren meist der Aufklärung darüber, „wie und mit welchen Mitteln" deren Befolgung bewerkstelligt werden kann.

Dieselben umgeben nicht selten den darin empfohlenen Stahl mit geheimnissvollen Eigenschaften und ermuntern oft zum Beharren an primitiven, wenig geeigneten und schwierig zu bedienenden Betriebseinrichtungen.

Digitized by Google

Den Kern der Sache behandeln solche Vorschriften selten, oder nur sehr knapp, so dass die Veränderungen, welche der Stahl bei den verschiedenen Operationen der Werkzeugherstellung erleidet, meist unverstanden bleiben und der Gedanke an die Nothwendigkeit zweckentsprechender Betriebseinrichtungen sich hieraus gar nicht zu entwickeln vermag.

Der Praxis entstammende Publikationen auf diesem Gebiete sind ebenfalls spärlich, denn Erfahrungen auf demselben werden mit Vorliebe geheim gehalten.

Diese Umstände lassen die geringe allgemeine Ausbreitung der Kenntniss in der Praxis bewährter Einrichtungen und Arbeitsvorgänge erklärlich erscheinen, in deren Folge geräth aber Meister und Fabrikant oft in die unangenehme Lage, auf eine volle Ausnützung der an den Werkzeugen erzielbaren höchsten Arbeitsleistungen verzichten oder mit einem höheren als sonst nöthigen Aufwand an Zeit, Geld und Material arbeiten zu müssen.

Die mit der Herstellung von Werkzeugen betrauten Meister und Arbeiter sind genöthigt, ihre Erfahrungen aus eigener Thätigkeit zu sammeln und es bleibt denselben grösstentheils selbst überlassen, die zur Herbeiführung des Erfolges in Anwendung zu bringenden Betriebsmittel zu schaffen, ohne dass denselben ein Anhalt dafür zu Gebote stände, „wie“ sie dieses bewerkstelligen sollen.

Letzterer Umstand insbesondere veranlasste mich zur Verfassung des vorliegenden Werkchens.

Dasselbe soll vornehmlich als Rathgeber für den Meister und intelligenten Werkzeugmacher dienen und ist dieser Bestimmung gemäss ausschliesslich practischem Bedürfnisse angepasst.

Als Quellen für die in das Buch aufgenommenen, der Theorie entlehnten Erläuterungen dienten die von den eingangs

Digitized by Google

erwähnten Verfassern herausgegebenen wissenschaftlichen Werke und Einzelpublikationen.

Für die allgemeine Eintheilung des Stoffes diente das ausgezeichnete Werk von F. Reiser: das Härten des Stahles in Theorie und Praxis als Vorbild.

Die in dem Werkchen gesammelten Anweisungen und Betriebseinrichtungen sind durchaus der Praxis entnommen und sollen den mit der practischen Ausübung der verschiedenen Operationen bei der Werkzeugherstellung beschäftigten Meistern und Arbeitern in ihrem, mannigfache Kenntnisse und Erfahrungen beanspruchenden Berufe unterstützen.

Bismarckhütte, O/S., im Juli 1898.

Der Verfasser.

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Vorwort III

Einleitung 1

Benennung des Stahles.

Zusammensetzung des Werkzeugstahles und Eintheilung nach derselben 3

Definition, Härtungskohle, Carbidkohle, Temperkohle, Graphit. — Unbeabsichtigte Beimengungen: Schwefel, Phosphor, Kupfer, Arsen, Silicium. — Beabsichtigte Beimengungen: Mangan, Wolfram, Chrom, Nickel, Molybdän, Titan, Vanadium.

Eintheilung des Werkzeugstahles nach Härtegrad und Verwendungszweck 8

Werkzeugstahl, welcher seine Härte nur durch Kohlenstoff erhält. „Specialstähle“: Naturharter Stahl, Specialdrehstahl, Magnetstahl, nicht legirte Specialstähle, Weichkernstahl.

Aeussere Beobachtungen an Werkzeugstahl so wie derselbe in den Handel gelangt 15

Materialfehler an der Oberfläche, am Bruche.

Beobachtungen an den Bruchflächen des Stahles in Bezug auf das Gefüge im gehärteten und ungehärteten Zustande 17

Umstände, von welchen ein bestimmtes Bruchaussehen abhängig ist: am ungehärteten, am gehärteten Stahle.

Digitized by Google

Seite

Die Praxis der Feuerbehandlung des Stahles 20

Eignung der Brennstoffe: harte Coakse, Ofen hierfür, Schmiedekohle, Coaksgries, Umwandlung offener Feuer in provisorische Oefen, weiche Coakse, Holzkohle, Gebläsewind, Arbeitsvorgang beim Erhitzen an offenen Feuern, Einfluß des Lichtes auf Temperaturbeobachtungen, Schachtofen: für Coaks oder Coaks und Kohle, für Holzkohle, für lange Gegenstände, für Schmiedekohle, mit Muffel. — Muffelofen für Bandstahl mit Gasheizung. — Schmiedeflammöfen: mit Wind, mit Treppenrost, zu Kleinschmiedearbeiten, mit doppeltem Herde, diverse Oefen.

Einrichtungen für das Glühen des Stahles 45

Allgemeine Regel, Glühen einzelner Werkzeuge, im Glühkistchen, Schachtglühofen, Arbeitsvorgang, Controle. — Glühöfen: mit großem Glühtopfe, mit mehreren kleinen Glühtöpfen, für das Glühen langer Gegenstände.

Einrichtungen für das Härten des Stahles 50

Auswahl der Feuerungsanlagen, Erwärmung in geschmolzenen Metallen oder Salzen, Tiegelofen hierzu, Erwärmung in Blei, Nachtheile, Vermeidung derselben, Erwärmung in geschmolzenen Salzen, Arbeitsvorgang.

Das Härten des Werkzeugstahles 58

Allgemeine Erklärungen: Veränderung, welche der Stahl durch das Härten erleidet als Ursache für das Reissen, Versuche, Volumsveränderungen nach dem Querschnitte, Zugspannungen, Reissen aus dem Innern, an der Oberfläche, Beispiele, Spannungen nach der Länge, Krummziehen, Beispiele.

Digitized by Google

Seite

Das Härten von Werkzeugen, welche zur Gänze gehärtet werden sollen 67

Vorbeugung gegen das Reissen: durch Anlassen, gebrochene Härtung: in Oel, Sand, heissem Wasser. Vollständige Abkühlung, Formgebung.

Das Härten von Werkzeugen, welche nur zum Theile gehärtet werden sollen 73

Eintheilung, Beobachtungen bei der Erwärmung und Abkühlung.

Die Abkühlung der Werkzeuge beim Härten und die Einrichtungen dazu 76

Allgemeine Regel, unbeabsichtigte ungleichmässige Abkühlung vor dem Härten, Zangenformen, beabsichtigte ungleichmässige Abkühlung durch Bedecken, Beispiele. — Abkühlung im fliessenden Wasser, Einrichtung hierzu, Abkühlung unter frei fallendem Wasser, Einrichtungen, Abkühlung in steigendem Wasserstrahle, Einrichtungen, Arbeitsvorgang, Abkühlung von Hohlkörpern.

Die zur Ablöschung des Stahles dienenden Abkühlungsflüssigkeiten 89

1. Reines Wasser. 2. Mit löslichen Bestandtheilen vermengtes Härtewasser. 3. Mit unlöslichen Bestandtheilen vermengtes Härtewasser. 4. Mit Oelen oder Fetten bedecktes Härtewasser. 5. Oele und Fette. 6. Metalle. 7. Gasförmige Abkühlungsflüssigkeiten. 8. Feste Körper als Abkühlungsmittel. Versuche.

Das Anlassen des gehärteten Stahles und die Einrichtungen dazu 96

Eintheilung, Anlassen von Innen: Vorgang, Fehler, Anlassen von Aussen, Zeitdauer des Anlassens von

Digitized by Google

Seite

Einfluss, practische Verwerthung, Abbrennen mit Oel, Anlassen in Oel, Einrichtung dazu. — Anlassen: im offenen Feuer, auf glühendem Eisen, in Gasflammen, in heissem Sand, Anlassofen hierzu, in Blei, langer Gegenstände, Oefen hierzu. Fixiren, Fehler dabei.

Das Richten von Werkzeugen 106

Einrichtungen, Arbeitsvorgang.

Die Oberflächenhärtung und Schutzmittel gegen oberflächliche Entkohlung und Ueberhitzung 108

Erklärung, Cementation, Einsetzen: Arbeitsvorgang, Einbrennen; Arbeitsvorgang, Combination von Härtepulvern und Härteschmieren, Cementation mittelst Gasen, mittelst Roheisen.

Das Schweissen des Stahles 116

Das Regeneriren im Feuer verdorbenen Stahles . . . 118

Verbrannter, Ueberhitzter, Verglühter, Abgestandener Stahl.

Die Untersuchung der Fehler an gehärteten Werkzeugen . 120

Vorgang bei der Controle. Fehler.

Verbesserung der Festigkeitseigenschaften des Stahles . 127

Anhang 131

Allgemeines, Arbeitsvorgang beim Härten häufig hergestellter Werkzeuge.

Digitized by Google

Einleitung.

Zur Darstellung von Werkzeugen im weiteren Sinne finden fast alle Producte des Eisenhüttengewerbes, vom Roheisen angefangen, bis zum nicht härtbaren Schweiss- und Flusseisen, Verwendung. Für die Darstellung von Werkzeugen im engeren Sinne kommt vornehmlich härtbares Eisen, d. i. Stahl, unter der allgemeinen Bezeichnung „Werkzeugstahl" in Betracht.

Der Werkzeugstahl wird in vielen Fällen noch näher bezeichnet nach den Hüttenprocessen, aus welchen derselbe hervorgegangen ist, wie: Flussstahl, Schweissstahl; nach der Darstellungsmethode, wie: Bessemerstahl, Martinstahl, Tiegelflussstahl (Tiegelgussstahl), Puddelstahl, Gärbstahl u. s. w.; nach bestimmten Eigenthümlichkeiten, wie: naturharter Stahl, Hartkernstahl, Weichkernstahl, Wolframstahl, Chrom-, Nickel-Stahl u. s. w.; schliesslich auch nach dem speciellen Verwendungszwecke, welchem derselbe hauptsächlich dienen soll, wie: Messerstahl, Sensenstahl, Magnetstahl, Molettenstahl, Döpperstahl, Meisselstahl u. s. w.

Ausser diesen Bezeichnungen kommen auch solche sinnbildlicher Natur vor, wie: Diamantstahl, Selbsthärter, Boreas, Silberstahl, Atlasstahl, Universalstahl u. s. w., und solche, welche auf eine, die Eigenschaften des Stahles verbessernde Legierung schliessen lassen sollen, aber meist ohne dass eine solche nachgewiesen werden kann, wie Titanstahl, Aluminiumstahl, Vanadinstahl u. s. w.

Das edelste Product der Werkzeugstahldarstellung ist der Tiegelgussstahl, d. h., ein Stahl, welcher durch Um-

Digitized by Google

schmelzen an sich sehr reiner, vorzüglicher Grundmaterialien im Tiegel erzeugt wird.

Dieses Verfahren bezweckt die Erzielung eines durch und durch gleichmässigen, von schädlichen Beimengungen möglichst freien Productes, bei dessen Darstellung mit grosser Gewissenhaftigkeit Alles vorgekehrt ist zur Vermeidung von Fabrikationsfehlern, welche die Qualität des fertigen Werkzeugstahles schädigen könnten.

Der Preis von Tiegelgussstahl ist daher ein hoher, weshalb der im Bessemer- und Martinverfahren erzeugte Flussstahl eine für untergeordnete Zwecke umfangreiche Verwendung findet.

Dieser Stahl wird meist unter der einfachen Bezeichnung „Gussstahl" in den Handel gebracht, und vom Consumenten im guten Glauben als „Tiegelstahl" verarbeitet.

Der unter der Bezeichnung „Schweissstahl" zur Werkzeugdarstellung in den Handel gebrachte Stahl ist in der Praxis meist schweiss- und härtbarer Stahl ohne Rücksicht darauf, ob derselbe dem Hüttenprocesse nach, aus welchem er hervorgegangen ist, Schweissstahl ist, oder nicht; es ist in der grösseren Zahl der Fälle „schweissbarer Flussstahl", welcher mit der Bezeichnung „Schweissstahl" in den Handel gelangt.

Digitized by Google

Die Zusammensetzung des Werkzeugstahles und Eintheilung nach derselben.

Eisen, welches zu Rothgluth erhitzt und rasch abgekühlt, eine solche Härte annimmt, dass dasselbe durch die Feile nicht angegriffen werden kann, nennt man im Allgemeinen „Stahl". Diese Eigenschaft des Eisens wird hervorgerufen durch einen Gehalt an „Kohlenstoff", welcher zwischen 0,5 bis 2 Procent betragen kann.

Eisen mit weniger als 0,5 Procent Kohlenstoff*) nimmt keine so hohe Härte an, mit mehr als 2 Procent wird dasselbe Roheisen und verliert neben der Eigenschaft der Härtbarkeit auch jene der Schmiedbarkeit.

Durch wissenschaftliche Untersuchungen wurde festgestellt, dass der Kohlenstoff im Eisen in verschiedenen Formen vorkommt. Die wichtigsten Formen desselben sind:

a. der an das Eisen gebundene Kohlenstoff, wenn derselbe mit dem Eisen eine chemische Verbindung bildet. (Härtungskohle, Carbidkohle.)

Diese Form des Kohlenstoffes erscheint als der Träger der Härtbarkeit im Stahle. Der wissenschaftlich festgestellte Vorgang hierbei ist Folgender:

Wenn kohlenstoffhaltiges Eisen aus der Schmelztemperatur langsam erkaltet, so bildet der vorhandene Kohlenstoff mit einem Theile des Eisens eine Verbindung, welche dasselbe netzartig durchzieht. (Carbid.)

Wird solches Eisen zu Kirschröthe erhitzt, so wird der vorhandene Kohlenstoff gleichmässig vom Eisen aufgenommen

*) Anmerkung: Der Uebergang von nicht härtbarem Eisen zu härtbarem Stahle ist ein allmählicher, die Grenze zwischen denselben kann durch den Kohlenstoffgehalt allein nicht ausgedrückt werden. Die oben angegebene Grenze bezieht sich auf Tiegelstahl des geringsten Härtegrades, welcher zu gehärteten Werkzeugen Anwendung findet.

Digitized by Google

(gelöst) und zu Härtungskohle. Beim raschen Abkühlen des erhitzten Stahles wird der Kohlenstoff in diesem Zustande fixirt, der Stahl wird gehärtet. Lässt man denselben jedoch langsam erkalten, so scheidet der Kohlenstoff aus seiner gleichmässigen Verbindung mit dem Eisen aus und bildet wieder mit einem Theile desselben das netzartig ausgebreitete Carbid.

Je grösser die Menge des vorhandenen Kohlenstoffes (Carbids) ist, desto mehr kann davon beim Vorgange des Härtens in Härtungskohle überführt werden, desto grössere Härte nimmt der Stahl an.

b. Der Kohlenstoff kann ferner als freie, zwischen den Eisentheilen sichtbar eingelagerte Kohlenstoffform vorkommen. (Temperkohle. Graphit.)

Graphitischer Kohlenstoff kann durch die Operation des Härtens in Härtungskohle nicht umgewandelt werden, führt also auch keine Härtung herbei. Derselbe ist ein Hauptbestandtheil des grauen Roheisens, kommt im Werkzeugstahle nur sehr selten vor und ist, wenn dies doch der Fall sein sollte, von schädlichem Einflusse auf die Qualität des Stahles.

Neben dem Eisen und Kohlenstoffe kommen im Eisen auch noch andere Stoffe vor, welche demselben theils unbeabsichtigt, theils mit bestimmter Absicht beigemengt sind. Unbeabsichtigt sind dem Stahle der Hauptsache nach Phosphor, Schwefel, Kupfer und Arsen beigemengt, welche in ihrer Wirkung auf denselben stets schädlich sind.

Wenige Hundertstel Procente von jedem dieser Stoffe genügen schon, um einen Stahl zur Herstellung von Werkzeugen theilweise oder ganz unbrauchbar zu machen. Die Qualität des Stahles ist von der Menge der darin enthaltenen schädlichen Bestandtheile abhängig, deren Summe als ziffernmässiger Ausdruck für den Werth desselben dienen kann.

Im Werkzeugstahle sucht man das Vorkommen schädlicher Verunreinigungen nach Möglichkeit zu vermeiden und verwendet zu dessen Herstellung meist nur solche Materialien, welche schon vor ihrer Weiterverarbeitung frei davon sind. Die Menge der im Werkzeugstahl vorkommenden schädlichen Beimengungen ist daher fast niemals so gross, dass deren An-

Digitized by Google

wesenheit sofort aus dem physikalischen Verhalten des Stahles bei der Verarbeitung abgeleitet werden könnte.

Welcher Art die schädliche Beimengung auch sei, so äussert sich dieselbe bei Werkzeugstahl vornehmlich durch Sprödigkeit im gehärteten, bei reichlicher Verunreinigung auch im ungehärteten Zustande. *)

Tiegelgussstahl enthält als unbeabsichtigte Beimengung meist auch einen Gehalt von „Silicium", welcher beim Schmelzen aus dem Tiegel aufgenommen wird. Dieser Gehalt an Silicium ist selten so hoch, dass derselbe auf die Qualität des Stahles einen wesentlichen Einfluss ausübt.

Ein höherer Siliciumgehalt erhöht die Schneidhaltigkeit, aber auch die Sprödigkeit des Stahles, und ist dann schädlich, wenn derselbe theilweise Ausscheidung des Kohlenstoffes in graphitischer Form herbeiführt. Solcher Stahl zeigt im Bruche dunkles Korn.

Mit bestimmter Absicht werden dem Werkzeugstahle folgende Metalle, von welchen eine Verbesserung der Eigenschaften desselben erwartet wird, zugesetzt:

Mangan, Wolfram, Chrom, Nickel, seltener Molybdän und andere Metalle.

Mangan.

In jedem Werkzeugstahle ist „Mangan" enthalten; in gewöhnlichem Werkzeugstahle meist in Mengen von 0,2 bis 0,5 Procent.

*) Zahlreiche chemische und practische Untersuchungen in Bismarckhütte über den durch den Grad von Verunreinigungen bedingten Qualitätswerth von Werkzeuggussstahl haben ergeben, dass die Summe von Phosphor, Schwefel und Kupfer im Werkzeugstahle 0,06 Procent nicht übersteigen darf, wenn derselbe auch dem practischen Verhalten nach als „sehr guter" Werkzeugstahl gelten soll. Werkzeugstahl bis zu einer Summe von 0,10 Procent Phosphor, Schwefel und Kupfer kann als „guter", und wenn er mehr davon enthält, als mittelmässiger bis schlecht verwendbarer Stahl bezeichnet werden.

Da die Zähigkeit des Stahles mit dem steigenden Kohlenstoffgehalte sinkt, so ist der Einfluss schädlicher Beimengungen bei härterem Stahle ein wesentlich grösserer, als bei weichem Stahle, so dass die vorstehend mitgetheilten Ziffern bei weichem Stahle eine kleine Verschiebung nach oben, bei hartem Stahle nach unten erfahren.

Digitized by Google

Der Einfluss des Mangans auf die Eigenschaften des fertigen Stahles ist innerhalb dieser engen Grenzen kein sehr bedeutender, die Festigkeitseigenschaften, Härte und Schneidkraft werden um ein Geringes vermehrt.

Dagegen fällt dem Mangan die Aufgabe zu, während des Schmelzprocesses die im flüssigen Stahle in reichlicher Menge vorhandenen Gase und Oxyde zu entfernen oder zu binden und in Folge dessen blasenfreie, dichte Güsse herbeizuführen.

Unter der Bezeichnung „Manganstahl" kommt Werkzeugstahl in den Handel, welcher den normalen Mangangehalt besitzt und diese Bezeichnung vielleicht nur deshalb trägt, um darzuthun, dass der Stahl mit einem Mangangehalte geschmolzen wurde, also freier an Poren und Rissen ist, als anderer Stahl. Wirklicher „Manganstahl", also Stahl, welcher Mangan in bedeutenden Mengen (8 bis 20 Procent) enthält, besitzt besonders grosse Festigkeit, Zähigkeit und eine so grosse Naturhärte, dass derselbe kaum zu bearbeiten ist.

In den Handel gelangt solcher Manganstahl in der Form von fertigen Werkzeugen, wie Aexten, Beilen u. s. w., oder als Material zu Maschinentheilen, welche besondere Härte und Festigkeit besitzen sollen.

Wolfram.

Wolfram wird dem Werkzeugstahle zugesetzt, wenn man die Härte desselben wesentlich erhöhen und dessen Festigkeitseigenschaften verbessern will.

Im Werkzeugstahl findet man Wolfram bis zu 10 Procent selten mehr, meist jedoch in einer Menge von 2 bis 6 Procent, zuweilen (besonders in englischem Stahle) auch in der Menge von unter 1 Procent.

Ein höherer Wolframgehalt (über 2 Procent) verleiht dem Stahle schon in ungehärtetem Zustande ein sehr feinkörniges Gefüge von charakteristischem Glanze. Gehärteter, wolframlegirter Stahl zeigt auch bei kleinen Mengen von Wolfram ein sehr feines Korn von mattem Glanze; bei grösseren Mengen von Wolfram im Stahle wird das Gefüge so fein und sammetartig, dass das Korn mit freiem Auge kaum mehr zu erkennen ist.

Digitized by Google

Durch einen Wolframgehalt wird die Härte und Schneidhaltigkeit des Stahles erhöht, dessen Zähigkeit in gehärtetem Zustande aber vermindert. Es findet daher Werkzeugstahl mit einem Wolframgehalte meist nur Verwendung zu ruhig beanspruchten Werkzeugen, welche grosse Härte und Schneidhaltigkeit besitzen sollen. Bei wiederholter Feuerbehandlung verliert ein Stahl, welcher Wolfram oder Chrom enthält, viel rascher seine guten Eigenschaften, als ein Stahl, welcher frei von diesen Bestandtheilen ist; die Schneidhaltigkeit sinkt rasch, Sprödigkeit und Neigung zum Reissen beim Härten nimmt zu. Die Empfindlichkeit solchen Stahles gegen Ueberhitzung ist ebenfalls eine viel grössere.

Chrom.

Chrom wird dem Werkzeugstahle mit der gleichen Absicht beigegeben, wie Wolfram, nicht aber mit gleichem Erfolge, da Chrom nicht dieselbe Wirksamkeit wie Wolfram besitzt, den Stahl aber viel spröder macht.

Man findet Chrom im Werkzeugstahle bis 3 Procent, meist 2,5 Procent in sehr harten Drehstählen, seltener (in manchen englischen Stahlgattungen) in weicheren Stählen in der Menge von weniger als 1 Procent.

Die Eigenschaft des Chroms, dem Stahle eine besondere Widerstandskraft gegen Schlag und Stoss zu geben, hat zur vornehmlichen Verwendung des Chromstahles für Panzergranaten, und im Verein mit Nickel, auch zu Panzerplatten geführt.

Das Bruchaussehen des Stahles wird durch einen Chromgehalt in ähnlicher Weise beeinflusst, wie bei einem Gehalte an Wolfram.

Nickel.

Nickel erhöht die Festigkeitseigenschaften des Stahles ganz bedeutend, indem dasselbe die Härte und die Zähigkeit des Stahles in ungehärtetem Zustande wesentlich steigert. Im gehärteten Stahle wirkt Nickel nicht in gleichem Maasse wie Wolfram oder Chrom, so dass man von einer Verwendung desselben im Werkzeugstahle absieht und Nickelstahl vor-

Digitized by Google

nehmlich für die Verwendung im ungehärteten Zustande in Betracht zieht.

Hochbeanspruchte Maschinentheile, welchen man zur Gewichts- oder Raumersparniss möglichst geringe Dimensionen geben, oder deren Festigkeit man in besonderem Maasse steigern will, wie Schiffswellen, Kurbelzapfen u. s. w., stellt man häufig aus Nickelstahl her; im grössten Umfange verwendet man denselben jedoch zu Panzerplatten, Kanonenrohren u. s. w.

Nickelstahl enthält meist 6 bis 10 Procent Nickel. Bei einem 5 Procent übersteigenden Nickelgehalte besitzt dieser Stahl die günstigsten Festigkeitseigenschaften, aber auch eine solche Naturhärte, dass die Bearbeitungsfähigkeit in kaltem Zustande eine sehr geringe ist.

Molybdän, Titan, Vanadium.

Molybdän wird dem Werkzeugstahle selten legirt, weil der hohe Preis dieses Metalles eine umfangreiche Verwendung nicht gestattet, und seine Wirkung jener des Wolfram so ähnlich ist, dass dieselbe auch durch dieses Metall erzielt werden kann.

Titan und Vanadium finden zur Herstellung von Werkzeugstahl keine Anwendung, wegen des hohen Preises und der Schwierigkeit, damit legirte Stahlgattungen darzustellen.

In kleinem Maassstabe hat man Titan- und Vanadiumstahl hergestellt, um die Eigenschaften desselben zu prüfen, und hat gefunden, dass Titan dem Stahle besondere Härte, Vanadium besondere Zähigkeit verleiht.

Dessenungeachtet kommen Stahlgattungen (vornehmlich englischen Ursprunges) mit der Bezeichnung: Molybdän-, Titan-, Vanadiumstahl in den Handel, — natürlich ohne diese Bestandtheile zu enthalten.

Die Eintheilung des Werkzeugstahles nach dem Härtegrade und dem Verwendungszwecke.

Bezüglich der in den Handel gelangenden Werkzeugstahlsorten kann man, insoweit es sich um Fabrikate aus Tiegelgussstahl handelt, zwei Gruppen unterscheiden. Diese sind:

Digitized by Google

a. Werkzeugstahl, welcher seine Härte ausschliesslich durch einen Kohlenstoffgehalt erhält und keine die Härte steigernde Beimengungen enthält, und ferner

b. Werkzeugstahl, welcher ausser Kohlenstoff auch noch die Härte steigernde Beimengungen besitzt und in der Praxis allgemein als Specialstahl oder nach der Art der Beimengung benannt wird. (Chrom-, Wolfram-, Nickelstahl u. s. w.)

Der in den Handel gelangende Werkzeugstahl ist fast stets mit dem Firmenstempel und einem aufgeklebten farbigen Etikett versehen. Dieses ist bedruckt und enthält ausser der Firmenbezeichnung und der Handelsmarke auch die Angabe des Härtegrades, der hauptsächlichsten Verwendungszwecke und der beim Schmieden und Härten anzuwendenden Temperaturen.

Der Härtegrad wird in einzelnen Werkzeugstahlfabriken durch Zahlen, welche der Höhe des Kohlenstoffgehaltes entsprechen, ausgedrückt, (z. B. Härtegrad 7 — enthaltend 0,70 Procent Kohlenstoff) in anderen Fabriken durch die meist gebräuchlichen sinnbildlichen Bezeichnungen: sehr hart, hochhart, extra hart, hart-hart, hart, mittelhart, zähhart, zäh, sehr zäh, weich; seltener wird diesen Bezeichnungen auch der Gehalt an Kohlenstoff in Procenten beigedruckt.

Die Farbe der aufgeklebten farbigen Papierstreifen wird im Allgemeinen so gewählt, dass der härteste Stahl die hellste, der weichste Stahl die dunkelste Farbe erhält.

Die als Specialstähle bezeichneten, meist mit Wolfram oder Chrom legirten Stahlgattungen enthalten in der Praxis Etiketten, deren Text und Farbe von den bei gewöhnlichem Werkzeugstahle gebräuchlichen abweicht.

Die vorher angeführten, sinnbildlichen Bezeichnungen für den Härtegrad des Werkzeugstahles sind bei den meisten Werkzeugstahlfabriken im Gebrauche, aber ohne dass man an jeder derselben unter der gleichen Bezeichnung auch den gleichen practischen Härtegrad, der Menge des Kohlenstoffgehaltes nach, versteht. So bezeichnet die eine Fabrik Stahl mit 1,2 Procent Kohlenstoff schon als hochhart, die andere als mittelhart oder

Digitized by Google

als hart, Stahl mit 0,6 Procent Kohlenstoff wird als weich, als zäh, selbst als zähhart, bezeichnet u. s. w.

In der Praxis erfüllen diese Bezeichnungen trotzdem ihren Zweck, weil dieselben vornehmlich dazu dienen sollen, dem Consumenten den Bezug von Stahl desselben Härtegrades aus derselben Bezugsquelle leicht zu ermöglichen. Bei Beurtheilung der Eignung einer Stahlqualität für einen bestimmten Verwendungszweck ist die Höhe des Kohlenstoffgehaltes allein keineswegs maassgebend.

Als allgemeine Regel kann angenommen werden, dass ein Werkzeugstahl für einen bestimmten Verwendungszweck um so härter (kohlenstoffreicher) gewählt werden darf, je reiner derselbe von schädlichen Beimengungen (Schwefel, Kupfer, Phosphor u. s. w.) ist.

Ein je höherer Kohlenstoff im Stahle für einen bestimmten Verwendungszweck gewählt werden kann, eine desto grössere Arbeitsleistung kann von dem daraus erzeugten Werkzeuge erwartet werden, aber eine um so sorgfältigere Behandlung ist dem Werkzeuge auch bei dessen Darstellung angedeihen zu lassen.

In der Praxis wird jedoch nicht immer die Arbeitsleistung des fertigen Werkzeuges als Maassstab für die Beurtheilung der Eignung eines Werkzeugstahles betrachtet. In der Mehrzahl der Fälle beurtheilt man den Stahl nach der Art und Weise, in welcher sich derselbe zu fertigen Werkzeugen verarbeiten lässt, ohne an die Sachkenntniss und Aufmerksamkeit des Werkzeugschlossers, Schmiedes oder Härters besondere Anforderungen zu stellen, und ohne besondere Einrichtungen für die wichtigsten Operationen der Werkzeugdarstellung, d. i. des Schmiedens, Glühens, Härtens, Anlassens u. s. w. zu beanspruchen.

Weicher Werkzeugstahl ist dem Ueberhitzen und Verglühen weniger leicht ausgesetzt, als harter Werkzeugstahl; derselbe erhält beim Härten, in Folge der höheren Zähigkeit, auch weniger leicht Härterisse, erfordert also geringere Aufmerksamkeit bei der Verarbeitung zu Werkzeugen und wird in Folge dessen in der Praxis in viel grösserem Umfange zu

Digitized by Google

Werkzeugen verarbeitet, als harter Stahl. Es ist dies eine der Ursachen für die Verbreitung der Anwendung weichen Bessemer- und Martinstahles zur Werkzeugdarstellung selbst an Verbrauchsstellen, wo der Vorzug der höheren Arbeitsleistung des in grösserer Härte angewandten Tiegelgussstahles gewürdigt werden sollte. Diese höhere Arbeitsleistung wird allerdings nicht allein durch Anwendung härteren Stahles erzielt, dieselbe erfordert vielmehr auch sehr gewissenhafte und aufmerksame Arbeit bei Herstellung der Werkzeuge und gut unterrichtete, erfahrene Schmiede und Härter.

Es erscheint nach dem Vorhergesagten überflüssig, eine auch nur allgemein gültige Regel für die Höhe des bei bestimmten Verwendungszwecken zu wählenden Härtegrades aufzustellen, weshalb hier nur die in Bismarckhütte übliche Classificirung des Stahles nach Härtegrad und Verwendungszweck, wie solche im Durchschnitt practische Geltung hat, Platz finden möge.

Härtegrad	Mittlerer Kohlenstoffgehalt	Verwendungszweck.
sehr hart	1,5	Zu Dreh- und Hobelmessern, Bohrern, Drehsticheln u. s. w. auf sehr harte Materialien.
hart	1,25	zu gewöhnlichen Dreh- und Hobelmessern, Gesteinsbohrern, Mühl- und Messerpicken, Schabern u. s. w., dann für Schneidwerkzeuge auf harte Metalle.
mittelhart	1,0	zu Gewinde- und Spiralbohrern, Reibahlen, Fraisern, Prägewerkzeugen, zu Stanzzwecken, und für die verschiedensten Schlosser- und Schmiedewerkzeuge.
zähhart	0,85	zu Gewindebohrern, Fraisern, Reibahlen, Matrizen, Gesenken, Spurpfannen, Spurzapfen, Hand- und Schrotmeissel u. s. w.

Digitized by Google

Härtegrad	Mittlerer Kohlenstoffgehalt	Verwendungszweck
zäh	0,75	zu Hand- und Schrotmeisseln, Scheerenmessern, Schnitten, Federn, Hämmern u. s. w.
weich	0,65	zu verschiedenen Schmiedewerkzeugen, als Schweissstahl zum Verstählen feiner Werkzeuge und grösserer Flächen, zu Döppern, Nietenziehern u. s. w.

Specialstahle.

Die hauptsächlichsten in den Handel gelangenden Specialstahlgattungen, deren Härte neben Kohlenstoff auch durch einen Gehalt an Wolfram oder Chrom erhöht wird, sind:

Naturharter Werkzeugstahl (auch Selbsthärter, Boreas, Mushetstahl genannt),

Special-Drehstahl und

Magnetstahl.

Naturharter Stahl hat die Eigenschaft, in ungehärtetem Zustande eine so grosse Schneidkraft und Härte zu besitzen, dass derselbe in diesem Zustande zu Schneidwerkzeugen, welche ruhig beansprucht sind, verwendet werden kann.

Die Härte des naturharten Stahles ist bei langsamem Erkalten aus Rothgluth grösser, als beim raschen Abkühlen aus dieser Temperatur, das Verhalten dieses Stahles beim Härten also umgekehrt wie bei dem gewöhnlichen Werzeugstahle.

Der Vorzug des naturharten Stahles besteht darin, dass eine Erhitzung der Drehschneiden während der Arbeit, wie sie bei Anwendung schnellgehender Drehbänke, beim Gebrauche auf harten Materialien, bei Abnahme eines besonders starken Spahnes u. s. w. vorkommt, die Schneidhaltigkeit des Stahles nicht so stark beeinflusst, als bei Anwendung härtbarer Drehschneiden. Diese Eigenschaften des naturharten Stahles werden durch einen höheren Gehalt an Wolfram, Mangan und Silicium

Digitized by Google

herbeigeführt. Ueber die Zusammensetzung naturharten Stahles mögen folgende Analysen Aufschluss geben:

	Kohlenst.	Mangan	Silicium	Wolfram
Englischer Mushetstahl . .	1,71	1,8	0,81	7,75
Steyrischer Stahl	1,78	1.85	1,01	9,72
Bismarckhütter Naturstahl .	2,04	1,78	1,08	9,50

Sehr harter Specialdrehstahl enthält neben 1 bis 1,5 Procent Kohlenstoff, 3 bis 6 Procent Wolfram, Mangan und Silicium in der bei Werkzeugstahl sonst üblichen Menge, seltener ist derselbe bei geringerem Wolframgehalte reicher an Mangan oder Silicium, wie z. B. der von Marsh Brothers erzeugte Specialstahl, welcher neben nur 1,8 Procent Wolfram 1,8 Procent Mangan enthält.

Alle Specialstahlgattungen, bei welchen ein höherer Wolframgehalt die Härte bedeutend steigert, bedürfen besonders vorsichtiger Behandlung beim Härten, wenn deren Härte zu voller Wirksamkeit gelangen soll, ohne dass das Werkzeug den entstehenden enormen Härtespannungen unterliegt und Härterisse bekommt.

Um eine entsprechende Behandlung beim Härten herbeizuführen, werden solchen Specialstahlgattungen meist besondere, ausführlich gehaltene Härteanweisungen beigegeben.

Magnetstahl*) hat eine ähnliche Zusammensetzung wie Specialstahl, meist einen eben so hohen Gehalt an Wolfram, dessen Einfluss auf die Verbesserung der magnetischen Eigenschaften des Stahles ein ganz bedeutender ist.

Da bei Magnetstahl hohe Schneidkraft von ganz nebensächlicher Bedeutung ist, so giebt man demselben meist eine solche chemische Zusammensetzung, dass die magnetischen Eigenschaften des Stahles zur wirksamsten Geltung kommen.

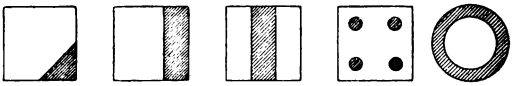
Die Specialstahlgattungen, welche keine andere chemische Zusammensetzung besitzen, als gewöhnlicher Werk-

*) Im allgemeinen kann angenommen werden, dass die Coërcitivkraft (d. h. die Kraft, mit welcher der Magnetismus festgehalten wird) und die Menge des aufgenommenen Magnetismus umso grösser ist, je grössere Härte der Stahl besitzt. Die im Stahle nie ganz zu vermeidenden Beimengungen: Mangan und Silicium sind, je nach der Menge von Einfluss.

Digitized by Google

zeugstahl, sind zahlreich. Benannt werden dieselben meist nach dem Verwendungszwecke, welchem sie hauptsächlich dienen, und bei welchen sie die höchsten erzielbaren Leistungen gestatten sollen.

Werkzeugstahl, welcher zur Erzielung bestimmter Zwecke dem Querschnitte nach verschiedene Härtegrade zeigt, wird im Allgemeinen durch Zusammenschweissen von Eisen, oder weichem Stahle mit hartem Stahle schon beim Giessen des rohen Blockes erzeugt. In den folgenden Skizzen sind einige Querschnitte solchen Stahles dargestellt, die schraffirten Flächen sind harter Stahl:



Dieser Stahl findet Verwendung zu den verschiedensten Schneidwerkzeugen, deren Schneide aus hartem Stahle und deren Hinterlage meist aus Eisen besteht, ferner zur Panzerung von Geldschränken, zu Hufstollen u. s. w.

Der unter der Bezeichnung Weichkernstahl in den Handel gelangende Werkzeugstahl hat an der Oberfläche die grösste Härte, im Innern ist derselbe ganz weich. Der Uebergang zwischen harter Oberfläche und weichem Innern ist ein allmählicher, sehr selten scharf begrenzter. Solcher Stahl wird dargestellt durch Cementation weichen Stahles, bei welchem man die Kohlung unterbricht, sobald dieselbe tief genug gedrungen ist. Die Art der Herstellung dieses Stahles führt leicht ein ungleichmässiges Product herbei, weshalb die Anwendung desselben in der Praxis zur Werkzeugdarstellung ziemlich selten ist. Dagegen verwendet man Weichkernstahl mit mehr oberflächlicher, wenig tiefer reichender Härte mit gutem Erfolge zu Maschinentheilen, welche sehr zähe sein müssen, deren Oberfläche aber gegen rasche Abnützung stellenweise hart gewünscht wird, z. B. zu Kurbelzapfen, Dynamoachsen, Wellen u. s. w., welche an den Lagertheilen gehärtet werden, im Innern jedoch zäh und weich bleiben.

Digitized by Google

Aeussere Beobachtungen an Werkzeugstahl, so wie derselbe in den Handel gebracht wird.

Der Verarbeiter von Werkzeugstahl richtet beim Empfange des Stahles sein Augenmerk unwillkürlich zuerst auf die äussere Beschaffenheit desselben.

Die hierbei wahrnehmbaren Erscheinungen beschränken sich, soweit dieselben die Qualität des Stahles betreffen, auf das Bruchaussehen und die Reinheit der Oberfläche.

Bei gewissenhaft hergestellter und controllirter Waare wird man an Bruch und Oberfläche selten Fehler wahrnehmen können.

An der Oberfläche des Stahles können folgende Fehler wahrgenommen werden:

Schuppen, deren Form sich in einer, im Bogen verlaufenden einzelnen, oder aus mehreren zusammenhängenden Bogen bestehenden Linie darstellt. Solche Schuppen stammen meist von nicht entfernten Saigerkörnchen an der Blockoberfläche, Schlackenresten oder von beim Giessen des Stahles entstandenen Gussschalen her, seltener von Schmiede- oder Walzfehlern.

Risse. Diese zeichnen sich an der Oberfläche des Stahles durch kurze, parallel zur Längsrichtung desselben verlaufende einzelne oder in Gruppen vorkommende Linien ab, welche theilweise durch die den Stahl verdeckende Oxydschicht unsichtbar sind, aber durch die Feile leicht blossgelegt werden können. Die Risse im Stahle stammen von Poren her, welche beim Giessen des Stahlblockes knapp unter der Oberfläche entstanden sind.

Nähte. Nähte entstehen durch das seitliche Austreten des Stahles beim Walzen oder Schmieden im Gesenke und durch das Umlegen und Eindrücken des ausgedrückten Materials bei der Weiterverarbeitung. Dieselben verlaufen stets parallel zur Längsrichtung des Stahles, meist an zwei Seiten oder Kanten desselben, seltener abwechselnd oder an einer Seite allein. An gewalztem Stahle entgehen solche Nähte leicht der Beobachtung, wenn sie durch die Oxydschicht des Stahles verdeckt sind.

Digitized by Google

Kantenrisse. Kantenrisse sind Querrisse an den Kanten des Stahles, welche senkrecht zur Längsrichtung desselben verlaufen. Dieselben deuten auf Rothbruch oder darauf, dass der Stahl schon beim Schmieden stark überhitzt (verbrannt) wurde. Solcher Stahl ist natürlich zur Herstellung von Werkzeugen ganz ungeeignet.

Die vorerwähnten, hauptsächlichsten, an der Oberfläche des Stahles wahrnehmbaren Fehler führen bei Verarbeitung desselben leicht unbrauchbare Werkzeuge nach sich, weil beim Härten entstehende Härterisse hier ihren Anfang nehmen.

Das Bruchaussehen des nicht gehärteten Stahles ist für dessen Qualität nicht, für dessen Härte nur in sehr unbestimmten Grenzen, massgebend.

Das Gefüge des Stahles zeigt bei weichem Stahle grobes, bei hartem Stahle meist feines Korn, und zwar ist das Korn um so feiner, je mehr Kohlenstoff der Stahl enthält, vorausgesetzt, dass die zum Vergleiche hergestellten Bruchflächen unter den gleichen Bedingungen erzeugt wurden.

Zeigt der Bruch sehr weichen Stahles entsprechend grobkörniges Gefüge, gegen den Rand zu aber einen dunklen Streifen, welcher kein eigentliches Korn mehr, sondern fast sehniges Gefüge erkennen lässt, so deutet dies auf sehr weichen Stahl mit ganz geringem Kohlenstoffgehalte (unter 0,6 Procent Kohlenstoff bei weniger als 0,3 Procent Mangan.)

Ist am Bruche harten Stahles, welcher der Hauptsache nach feinkörniges Gefüge zeigt, ein dunkler, glanzloser Saum wahrnehmbar, so deutet dies auf das Vorhandensein von Kohlenstoff in graphitischer Form (Temperkohle). Solcher Stahl ergiebt, da er nur ungleichmässige, nicht genügende Härte annimmt, immer schlechte Werkzeuge.

An der Bruchfläche von Werkzeugstahl können, bei deren Vorhandensein, folgende Materialfehler wahrgenommen werden:

1. Ungänzen, welche in der Mitte, seltener gegen den Rand des Stahles wahrnehmbar sind.

   Wenn diese gegen den Rand des Stahles zu liegen, so rühren sie von Poren, sind dieselben in der Mitte des Bruches sichtbar, so rühren sie vom Saugtrichter her.

Digitized by Google

2. Eine in der Mitte des Stahles liegende, meist symmetrisch geformte Stelle, welche gröberes oder feineres Gefüge zeigt, als deren Umgebung. Solche Stellen entstehen durch Saigerung beim Erkalten des eben gegossenen Stahles und sind anderer chemischer Zusammensetzung, als die Umgebung derselben. Wenn solcher Stahl an der Bruchfläche befeilt, geschliffen, poliert und mit Säure gebeizt wird, so zeichnen sich Stellen ungleicher Härte (resp. chemischer Zusammensetzung) als ziemlich scharf begrenzte Flächen verschiedener Färbung ab.
3. Beim Zertheilen eines Stahlstabes in die einzelnen, zur Herstellung der Werkzeuge dienenden Theile können auch in der Mitte des Stabes gelegene Ungänzen wahrgenommen werden. Diese rühren in seltenen Fällen von einer Fortsetzung des Saugtrichters, häufiger vom Zerschmieden des Stahles her.

   Der Stahlstab wird fast stets beim Schmieden in der Mitte kälter bearbeitet als an den Enden; hierdurch wird leicht eine Zertrümmerung des Innern herbeigeführt. Die dadurch entstehenden Ungänzen reichen selten bis an die Oberfläche des Stahles, entziehen sich also der Controle an der Fabrikationsstelle. Der durch Zerschmieden des Stahlstabes entstehende Fehler ist bei hartem Stahle und kleinen oder dünnen Dimensionen häufiger zu beobachten.

Alle vorerwähnten, an der Oberfläche und am Bruche des Stahles wahrnehmbaren Fehler trachtet man an den meisten Fabrikationsstellen von Werkzeugstahl zu vermeiden, und unterzieht die Fabrikate einer sehr sorgfältigen Controle vor deren Versandt, um mit Mängeln behaftetes Material nicht an die Consumenten gelangen zu lassen.

Beobachtungen an den Bruchflächen des Stahles, in Bezug auf das Gefüge im gehärteten und ungehärteten Zustande.

Es bedarf ganz bedeutender Uebung und langer Erfahrung, um aus dem Aussehen der sonst fehlerfreien Bruchflächen eines Stahles auf dessen Qualität und beiläufigen Härtegrad mit einiger Sicherheit schliessen zu lernen.

Digitized by Google

Wie vorher erwähnt, wird das Gefüge des Stahles mit dem Steigen der Härte feinkörniger. Es kann jedoch Stahl ein und derselben Härte ganz verschiedenes Gefüge zeigen, wenn er vor dem Brechen in verschiedener Art bearbeitet wurde und nach der Bearbeitung aus verschieden hohen Temperaturen abkühlte.

Werkzeugstahl, welcher geglüht, dann sehr langsam erkalten gelassen wurde, und dessen Bruchflächen durch Einkerben und Brechen im kalten Zustande erzeugt wurden, besitzt das grobkörnigste, seinem Härtegrade nach zukommende Gefüge.

Der Hauptsache nach ist das Bruchaussehen des nicht gehärteten Stahles, so, wie derselbe in den Handel gelangt, von folgenden Umständen abhängig:

1. Von der Temperatur, aus welcher der Stahl vor dem Brechen abkühlte.

   Die Formveränderungen beim Walzen gehen viel rascher vor sich, als beim Schmieden, der Stahl gelangt aus einer höheren Temperatur zur Abkühlung, weshalb gewalzter Stahl meist grobkörnigeres Gefüge zeigt, als geschmiedeter Stahl.

   Geschmiedeter Stahl zeigt manchmal verschiedenes Bruchaussehen an den beiden Enden desselben Stabes, wenn die eine Hälfte desselben nach dem Fertigschmieden aus höherer oder niedrigerer Temperatur abkühlte, als die andere.

2. Von dem Grade der mechanischen Bearbeitung.

   Werkzeugstahl der gleichen Härte zeigt feineres Gefüge in den kleineren Dimensionen, gröberes Gefüge in den grösseren Dimensionen. Der Wärmeverlust erfolgt bei Herstellung kleinerer Dimensionen rascher, die Formveränderung beansprucht aber kräftigere Durcharbeitung des Stahles, geschieht schliesslich auch in niedrigerer Temperatur, das Bruchaussehen zeigt feinkörniges Gefüge.

3. Von der Temperatur, in welcher sich der Stahl vor der Bearbeitung befand.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Beim Anwärmen zum Schmieden oder Walzen überhitzter Stahl erhält ganz oder theilweise grobkörniges Gefüge, welches einen charakteristischen, hellen, von der normalen Farbe des Stahles abweichenden Glanz besitzt.

Dieses Gefüge, welches häufig den Bruchrand umsäumt, oder vom Rande aus gegen die Mitte des Stahles zu verläuft, verschwindet, wenn der Stahl hochgradig überhitzt war, auch durch die nachfolgende Bearbeitung nicht gänzlich.

4. Von der Art und Weise, in welcher die Herstellung des Bruches erfolgte.

Stahl, welcher im kalten Zustande eingekerbt und dann gebrochen wurde, zeigt grobkörnigeres Gefüge, als Stahl, welcher vor dem Brechen in rothglühendem Zustande eingekerbt und nach dem Erkalten gebrochen wurde.

Das Einkerben in rothglühendem Zustande kommt einer mechanischen Bearbeitung bei niedrigerer Temperatur gleich, daher das feine Gefüge.

Das Bruchaussehen des gehärteten Stahles ist von folgenden Umständen abhängig:

1. Von der Temperatur, in welcher der Stahl durch rasches Abkühlen gehärtet wurde.

Wenn man einen Stahlstab derart erwärmt, dass das eine Ende desselben hellste Weissgluth, welche durch Gelb-, Roth- und Braungluth zur Wärme der Hand nach dem anderen Ende zu langsam verläuft, und diesen Stab durch rasches Abkühlen in Wasser härtet, so kann man an den einzelnen abgebrochenen Theilen und deren Bruchaussehen wahrnehmen, welche Veränderungen der Stahl während der Erhitzung in seinem Gefüge erlitten hat, und von welchem Einflusse die verschiedenen Grade der Erhitzung auf das Gefüge, den Härtegrad und die Zähigkeit waren.

Bei je höherer Temperatur das Härten erfolgte, desto grobkörnigeres Gefüge zeigt der gehärtete Stahl.

In der beigegebenen tabellarischen Uebersicht ist der Einfluss der verschiedenen Temperaturgrade auf gehärteten

Digitized by Google

und nicht gehärteten Stahl, sowie die Anwendung derselben in der Praxis im Allgemeinen ersichtlich.

2. Von den Abmessungen des gehärteten Stahles.

   Stahl von geringem Querschnitte giebt beim Härten seine Wärme rascher ab, als bei grossem Querschnitte; derselbe härtet gleichmässig durch und durch, die Bruchfläche zeigt auch gleichmässig feinkörniges Gefüge.

   Stahl in grösseren Dimensionen giebt seine Wärme im Innern nur langsam ab, nimmt daselbst also nicht die gleiche Härte an, wie gegen die Oberfläche zu. Das Bruchaussehen zeigt in der Mitte grobkörnigeres, gegen den Rand zu allmählich feinkörniger werdendes Gefüge.

3. Von dem Gefüge, welches der Stahl vor dem Härten besass, ist das Bruchaussehen im gehärteten Zustande nur dann abhängig, wenn der Stahl überhitzt, oder wenn derselbe vorher bei niedrigerer Temperatur kräftiger mechanischer Bearbeitung unterzogen war. Im ersten Falle zeigt der Stahl in gehärtetem Zustande gröberes, im letzten Falle besonders feines Gefüge.

Die Praxis der Feuerbehandlung des Stahles.

Die Herstellung der Werkzeuge aus Werkzeugstahl erfordert in den meisten Fällen eine wiederholte Erhitzung desselben, theils zum Zwecke der Formgebung (Schmiedung), theils zur Erhöhung der Bearbeitungsfähigkeit (Glühen) und schliesslich zur Härtung und zum Anlassen des fertigen Werkzeuges.

In nur wenigen Fällen kann die Formgebung bei nur einmaliger Erhitzung erfolgen, in vielen Fällen muss ein einmal abgenutztes Werkzeug die vorhergenannten Operationen wiederholt durchmachen, ohne dass die Qualität desselben durch die wiederholte Erhitzung Schaden leiden soll.

Es ist daher nöthig, allen Operationen der Werkzeugherstellung, bei welchen der Stahl erhitzt wird, ganz besondere Aufmerksamkeit zu widmen, und die diesem Zwecke dienenden Mittel sachgemäss anzuwenden.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Diese Anpassung geschieht an die folgenden in jeder Beziehung hochzuhaltenden Grundsätze:

1. **Die Erwärmung des Stahles soll stets so gleichmässig erfolgen, dass derselbe weder im Ganzen, noch zum Theile höher erhitzt wird, als zur folgenden Operation eben nöthig ist.**
2. **Die Erhitzung soll so rasch erfolgen, als dies möglich ist, ohne dass einzelne Theile des Stahles (Ecken, Kanten) früher in eine höhere Hitze gebracht werden, als der Körper desselben.**

So einfach und selbstverständlich diese Grundsätze auch scheinen, so oft wird gegen dieselben gefehlt, ebensowohl in Bezug auf die betreffende Operation selbst, als in Bezug auf die Einrichtungen dazu.

Die Einrichtungen zur Erhitzung des Stahles umfassen der Hauptsache nach Feuer und Oefen, sowie den Brennstoff zur Erhaltung derselben.

Die in Betracht kommenden Mengen Brennstoff und deren Werth sind bei der Werkzeugdarstellung meist nur geringe im Vergleich zum Werthe des herzustellenden Werkzeuges, und im Vergleiche zur wesentlich höheren Arbeitsleistung, welche ein mit Sorgfalt hergestelltes Werkzeug gestattet.

Die Auswahl der Brennstoffe hängt theils von lokalen Verhältnissen, der leichten Erreichbarkeit ab, und theils von der Art und Weise, wie dieselben Verwendung finden sollen; in vielen Fällen passt man die Feuerungsanlagen ebensowohl dem Zwecke, als auch den zur Verfügung stehenden Brennstoffen an.

Die Nachtheile, welche sich aus der Anwendung bestimmter Brennstoffe für die Qualität des Stahles oder mit Rücksicht auf dessen gleichmässige, nicht zu hohe Erwärmung ergeben können, sind in Folgendem der Hauptsache nach beschrieben, wie auch der Weg, diese Nachtheile mit Erfolg umgehen zu können.

Harte Kokse (sogenannte Schmelzkokse), welche an der Hand nicht abfärben und beim Beklopfen einen hellen Klang geben, finden bei der Werkzeugdarstellung, sowohl in offenen

Digitized by Google

Feuern, (Zeugfeuern) als in Oefen, Anwendung. Je härter der verwendete Koks ist, desto höhere Temperatur und um so mehr Luft ist nöthig, um denselben zu verbrennen.

Der Werkzeugstahl wird daher im Koksfeuer leicht zu rasch und zu hoch erhitzt, hierbei der Einwirkung der Gebläseluft umsomehr ausgesetzt, je grösser die verwendeten Koksstücke sind; Bedingungen, unter welchen der Stahl sehr leicht überhitzt, selbst verbrannt werden kann.

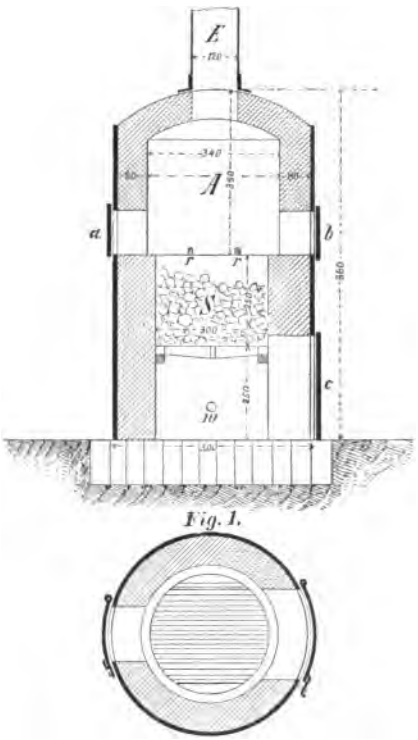


Fig. 1.

Wenn die Verwendung anderer Brennstoffe ausgeschlossen ist, so sollte zur Erwärmung des Stahles bei Anwendung von hartem Kokse nachfolgend beschriebener Ofen aufgestellt werden:

Man wählt zur Herstellung dieses Ofens ein etwa 1 m langes Stück eines genügend (40 bis 60 Centimeter) weiten Flammrohres, oder dergleichen und versieht dasselbe an den Stellen *a b c* (Figur 1) mit Oeffnungen zur Anbringung von Thüren aus starkem Eisenblech. Dieses so vorgerichtete Rohr stellt man auf ein einfaches Ziegelpflaster, mauert dasselbe, wie aus der Abbildung ersichtlich, mit feuerfesten Ziegeln aus, bringt die Windleitung *w* unter dem Roste an (zu Roststangen kann man auch Alteisen in geeigneter Dimension verwenden) und schliesst das Mauerwerk am oberen Ende mit einem Bogen ab. Auf diese Decke des Ofens, welche in der Mitte eine Oeffnung (von 120 bis 160 mm Weite) besitzt, setzt man das 1 bis 4 Meter hohe Essenrohr, welchem man

Digitized by Google

einen Schieber oder eine Deckelklappe zur Regulirung des Luftzuges giebt.

Der Brennstoff wird durch die Thüren *a b* eingebracht. Die Thüre *b* ist die eigentliche Arbeitsthüre, die Thüre *a* dient zum Durchstecken langer Stäbe, welche zur Zertheilung in der Mitte erwärmt werden sollen.

Der im Raum *S* verbrennende Koks erwärmt den Arbeitsraum *A*, in welchem das mit der Zange eingehaltene oder auf einer eingelegten rostartigen Unterlage von 2 Eisenstäben ruhende Werkzeug erhitzt wird. Bei genügend hoher Esse ist die Anbringung einer Windleitung gar nicht nöthig, da der freie Luftzug genügt, um im Raume *A* die benöthigte hohe und gleichmässige Erwärmung herbeizuführen. Die Regulirung des Luftzuges gestattet bis zu einer gewissen Grenze die Herbeiführung des geeigneten Temperaturgrades.

Die allgemein als Schmiedekohle bezeichnete leicht backende und hierbei aufblähende Kohle wird am häufigsten zum Betriebe offener Schmiedefeuer verwendet. Dieselbe besitzt jedoch manchmal einen hohen Gehalt an Schwefel, dessen Anwesenheit leicht zum Verderben des in solcher Kohle erwärmten Werkzeugstahles führt. Um einen Gehalt an Schwefel aus der verwendeten Steinkohle zu entfernen, lässt man dieselbe gut durchbrennen, so lange, bis der zurückbleibende Koks keinen sichtbaren Rauch mehr entwickelt, und wiederholt diese Operation bei jeder Aufgabe frischen Brennstoffes.

Ein Schwefelgehalt in der Kohle ist von folgendem Einflusse auf den darin erwärmten Stahl:

Der Schwefel hat in höherer Temperatur grosse Neigung sich mit dem Eisen zu verbinden. Diese Verbindung ist nicht härtbar und führt zur Bildung sogenannter Weichflecken im Stahle, d. h. zu Stellen grösserer oder geringerer Ausdehnung an der Oberfläche desselben, an welchen das Werkzeug beim Härten keinerlei Härte annimmt.

Wenn Schmiedekohle im offenen Feuer in Brand gebracht wird, so backt dieselbe an der Oberfläche leicht zu einer zusammenhängenden Decke, unter welcher die Verbrennung bei sehr hoher Temperatur vor sich geht. Wird diese Decke nicht

Digitized by Google

durchbrochen, so kann ein solches Feuer „hohl“ brennen. Bringt man in den Hohlraum Stahl, um denselben darin zu erwärmen, so wird er in unmittelbarster Berührung mit der Gebläseluft erhitzt und schon bei einer Temperatur „verbrannt“, welche bei Abschluss vom Sauerstoffe der Luft an sich nicht hoch genug wäre, um ein Verderben des Stahles herbeizuführen. Es ist beim Wärmen von Werkzeugstahl im offenen Feuer also nöthig, die Kohle an der Bildung einer festen Decke zu verhindern. Die geringere Hitze, welche sich im häufig gelockerten Feuer entwickeln kann, ist beim Erwärmen von Stahl nur von Vortheil.

Sogenannter Koksgries, d. h. Koks in kleinsten Stückchen, oder gar von staubähnlicher Beschaffenheit, eignet sich zum Betriebe offener Feuer nicht, weil die Gebläseluft in die Zwischenräume des Brennstoffes nicht leicht genug eindringen kann, um eine genügend ausgebreitete Verbrennung herbeizuführen. Solchen Koks verwendet man in Mischung mit Schmiedekohle, da er mit derselben leicht zusammenbackt.

Die in offenen Schmiedefeuern entwickelten Hitzegrade sind unmittelbar vor dem Esseisen (Ausströmöffnung für den Gebläsewind) am höchsten, in einer darum gelegenen Zone, innerhalb welcher der durch das Auftreffen auf die Kohle zerstreute und in der Kraft abgeschwächte Windstrom die Kohle eben noch in voller Gluth erhält, befindet sich der für das Schmieden und Härten benöthigte Hitzegrad, welcher gegen die Oberfläche des aufgegebenen Brennstoffes zu rasch abnimmt.

Der in der mittleren Zone erzeugte Hitzegrad ist natürlich kein gleichmässiger, er ist höher gegen die Mitte des Feuers, niedriger gegen die Oberfläche desselben zu, weshalb es um so schwieriger wird, Gegenstände darin zu „gleichmässiger“ Gluth zu erwärmen, wenn dieselbe schmal ist, d. h. wenn wenig Brennstoff aufgegeben wurde. Je mehr Brennstoff aufgegeben wird, desto breiter fällt die für das Schmieden und Härten ausnützbare Wärmezone aus, und desto grössere Gegenstände können in derselben erwärmt werden. Wenn besonders grosse Stücke, zum Beispiel: Ambosse, Hammerkerne, Gesenke u. s. w.

Digitized by Google

zu gleichmässiger Temperatur zu erwärmen sind, so hält dies im offenen Schmiedefeuer sehr schwer, es geht dabei ohne stundenlanges Braten des Stahles, meist auch ohne theilweise Ueberhitzuug nicht ab, oft auch nicht ohne ungenügende Erwärmung einzelner Stellen daran. Man kann sich in einem solchen Falle die Arbeit wesentlich erleichtern, wenn man den Gebläsewind durch zwei parallel nebeneinanderliegende, 200 bis 500 mm von einander entfernte Esseisen eintreten lässt. Das im Raume zwischen den Düsen eingelagerte Werkzeug erhält stets von zwei Seiten die entsprechende Wärmezufuhr, und braucht weniger oft gewendet zu werden.

Wenn man im offenen Schmiedefeuer lange, dünne Gegenstände, z. B.: Spiralbohrer, Reibahlen, Scheerenmesser, Fraiser u. s. w. zu ganz gleichmässiger Temperatur erwärmen will, so fällt dies, der im offenen Feuer ungleichmässig ausgebreiteten Wärme wegen, auch geübten Schmieden recht schwer. Es werden die Ecken und Kanten des Werkzeuges leicht überhitzt (dieselben springen dann beim Härten ab), dasselbe meist auch ungleichmässig erwärmt; ein Ende oder die Mitte zeigt etwas hellere Gluth, als der übrige Theil. In diesem Falle wandelt man das Zeugfeuer mit geringen Hilfsmitteln leicht zu einem provisorischen Ofen um, so wie dies in Fig. 2 und 3 dargestellt ist.

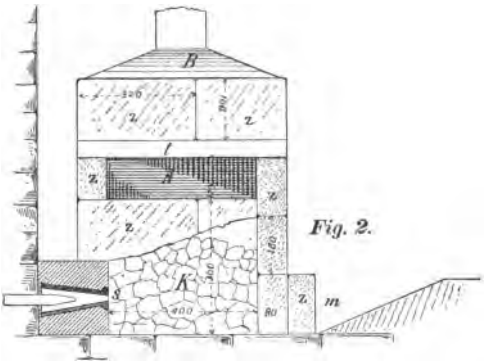


Fig. 2.

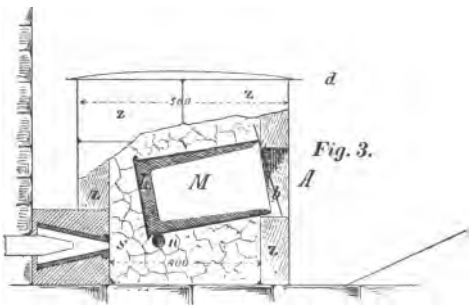


Fig. 3.

Man umstellt den Raum um die Windöffnung mit Ziegeln, welche man so, wie in

Digitized by Google

Fig. 2 dargestellt, anordnet: bei *m* lässt man eine Oeffnung zur Lockerung des Brennstoffes *K*, bei *A* stellt man eine solche durch Ueberlegen eines flachen Eisenstückes her, und schliesst den Aufbau nach Aufgabe des Brennstoffes mit einer Blechdecke, welcher ein Stück alten Ofenrohres als Esse aufgesetzt werden kann.

Durch Einlegen einiger Eisenstäbe in der Arbeitsöffnung *A* kann ein Rost geschaffen werden, auf welchem die Erwärmung des Stahles ausser Berührung mit dem Brennstoffe erfolgt. Die Oeffnung *A* soll während der Erwärmung durch einen vorgelegten Blechstreifen, welcher auf den etwas hervorragenden Roststäbchen aufliegt, geschlossen werden. Die Erwärmung dünner, längerer Werkzeuge zu gleichmässiger Temperatur erfolgt in einem solchen provisorisch vorgerichteten Ofen sehr gut und leicht, besonders wenn man als Brennstoff Holzkohle in Anwendung bringt.

Die Abmessungen, welche man einem nach Fig. 2 hergestellten Feuer geben kann, erstrecken sich natürlich über wenig auseinanderliegende Grenzen; für längere Gegenstände ist es dann nöthig, innerhalb des zur Erwärmung gebrauchten Raumes zwei nebeneinanderliegende Esseisen anzuorden resp. zwei solcher zu überbauen.

Beim Erwärmen von Fraisern im Zeugfeuer macht sich eine ungleichmässige Erwärmung oder eine Ueberhitzung einzelner Zähne besonders unangenehm geltend, ist aber auch bei grösster Vorsicht nicht immer hintanzuhalten. Das Härten grosser Fraiser aus dem Schmiedefeuer zu besorgen, entschliesst man sich ohnedem nicht leicht, sollte dies doch der Fall sein, so wagt man es auf Kosten des theuren Werkzeuges.

Kleine Fraiser, Stempel u. s. w., überhaupt kleinere Werkzeuge, welche man im Ganzen härten will, erwärmt man mit grosser Sicherheit in einer nach Fig. 3 im Zeugfeuer eingebauten Muffel.

Man stellt aus altem Bleche einen Topf her, dessen Abmessungen den zu erwärmenden Gegenständen angepasst sind und kleidet denselben mit Lehm aus, welchem zur besseren Bindung Kuhhaare beigemengt sind. Das Esseisen umbaut

Digitized by Google

man, wie in Fig. 3 ersichtlich, mit Ziegeln und ordnet die Muffel so an, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist. Den Hintertheil derselben lagert man auf einem mit Lehm umkleideten Stücke Eisen, welches seitlich auf den Ziegeln aufliegt, oder auf ein Ziegelstück, welches so behauen ist, dass der Gebläsewind in zwei seitlichen Strömungen abgelenkt resp. getheilt wird.

Die Oeffnung der Muffel wird durch ein vorgelegtes Blechstück *b* geschlossen; die Decke des Ofens durch eine aufgelegte Blechtafel *d*.

Wenn man die Muffel *M* zwischen zwei Esseisen anordnen kann, so ist dies von grossem Vortheile. Der Brennstoff wird nach Abnahme des Deckels *d* von oben aufgegeben; die Oeffnung zur Lockerung des Feuers wird seitlich angeordnet.

Die zu erwärmenden Gegenstände dürfen natürlich nicht früher in die Muffel gebracht werden, als bis deren Inneres die geeignete, gleichmässige Temperatur zeigt.

Die vorstehend beschriebenen und in Fig. 2 und 3 scizzirten Einrichtungen an offenen Feuern sind bei Koks und Holzkohle anwendbar, nicht aber, wenn die Feuer mit Schmiedekohle betrieben werden. Will man von der Anwendung der Schmiedekohle nicht abgehen, so kann zur gleichmässigen Erwärmung grosser Stahlstücke oder der Werkzeuge daraus, einer der später beschriebenen Flammöfen in Anwendung kommen.

Milde, weiche Kokse, wie sie bei der Verbrennung backender Kohle am Roste entstehen, kleinstückige Gaskokse u. s. w., welche dunkle Farbe besitzen, an der Hand abfärben, leicht zerbrechlich sind und beim Beklopfen keinen hellen Klang geben, sind ebensowohl zum Schmieden, als zum Härten aus offenen Feuern geeignet. Werkzeuge, welche nur theilweise mit dem Feuer in Berührung kommen, und deren Herstellung eine einfache, rasch erfolgende ist, z. B. Hand- und Kreuzmeissel, Steinbearbeitungswerkzeuge, als: Spitzeisen, Bohrer u. s. w., oder Montagewerkzeuge, wie: Döpper, Schrötter, Hämmer u. s. w., können unbedenklich aus mit solchem Kokse betriebenen offenen Feuern geschmiedet und gehärtet werden. Der bei allen offenen Feuern unzweifelhaft bestgeeignete Brennstoff ist die Holzkohle. Dieselbe ergiebt sehr leicht die benöthigten Temperatur-

Digitized by Google

grade in grösserer Ausdehnung ohne reichlichere Anwendung des Gebläsewindes, und enthält niemals dem Werkzeugstahl schädliche, fremde Beimengungen.

Wenn feinere Werkzeuge aus dem offenen Feuer zu schmieden oder zu härten sind, oder wenn diese Operationen an besonders hartem, also feuerempfindlichem Stahle vorzunehmen sind, so soll Holzkohle den ausschliesslichen Brennstoff dafür bilden.

Der grosse Vortheil, welchen die Holzkohle für den Betrieb offener Feuer bietet, ist aus der Reinheit und leichten Brennbarkeit derselben abzuleiten, sowie auch daraus, dass sich bei Anwendung derselben die im Feuer entwickelten Temperaturgrade von Aussen viel leichter beurtheilen lassen, als bei Anwendung irgend eines anderen Brennstoffes.

Die leichte Brennbarkeit der Holzkohle gestattet die Anwendung geringster Mengen von Gebläsewind, dessen Sauerstoffgehalt von der Kohle rasch verzehrt wird, bietet mithin auch grösseren Schutz des Stahles vor den schädlichen Einwirkungen desselben. Die Einwirkung des Gebläsewindes auf den Werkzeugstahl oder das daraus erzeugte fertige Werkzeug ist um so schädlicher, bei je höherer Temperatur dieselbe erfolgt und je länger dieselbe währte.

Die durch eine solche Einwirkung herbeigeführten Nachtheile können folgende sein:

1. Der Stahl oxydirt oberflächlich und sintert stark an, es entstehen an Stellen, wo die Oxydation tiefer eindrang, Unebenheiten, das Aussehen des Stahles wird besonders an fertigen Werkzeugen unschön, da die glatte Oberfläche derselben zerstört wird.
2. Der Sauerstoff des Gebläsewindes entzieht dem glühenden Stahle leicht einen Theil des Kohlenstoffes an der Oberfläche, besonders an den Kanten und Ecken (Schneiden); derselbe verliert bedeutend an Härte und Schneidkraft.
3. Wenn die im offenen Feuer erzeugte Temperatur hoch ist, so kann bei Anwesenheit von viel Gebläsewind der Sauerstoff desselben sich nicht nur mit dem Eisen und Kohlenstoff an der Oberfläche des Stahles verbinden, sondern

Digitized by Google

auch noch tiefer in denselben dringen und durch Bildung von Oxyden mit dem Eisen, Mangan und Silicium des Stahles eine Trennung des Gefüges desselben herbeiführen. Solcher Stahl ist verbrannt und zeigt an den Kanten Risse von verschiedener Tiefe.

Beim folgenden Schmieden bricht solcher Stahl an jenen Stellen, wo sich die Risse befinden; beim Härten reisst derselbe. Um den Stahl gegen die Einwirkungen des Gebläsewindes im offenen Feuer zu schützen, giebt es kein Mittel; der Schutz muss durch den Arbeitsvorgang herbeigeführt werden, welchen man, wie folgend beschrieben, einhalten soll:

Den kalten Werkzeugstahl oder das fertige Werkzeug legt man zum Anwärmen auf die Oberfläche des Brennstoffes, wendet öfter, und schiebt dasselbe dann in denjenigen Theil des Feuers, welcher den geringsten Hitzegrad zeigt, also möglichst nahe dem Umfange desselben. Hier bleibt der Stahl bis er gleichmässig dunkle Rothgluth zeigt, worauf man ihn in die heissere Zone, gegen die Mitte des Feuers zu, rückt. An dieser Stelle trifft denselben die Gebläseluft allerdings, die Schmiede- oder Härtetemperatur ist jedoch am vorgewärmten Stahle so rasch erreicht, dass die Gebläseluft nicht mehr von bedeutender Einwirkung ist, ausser wenn die grossen Dimensionen eine genügend rasche Erwärmung verhindern.

Wenn man die Gebläseluft in ihrer Wirkung abschwächen will, so zertheilt man den Windstrom durch vor die Düse gelegte, unregelmässig geformte Bruchstücke von feuerfesten Ziegeln, oder schützt den Stahl durch Bleche, welche man zwischen Düse und Stahl anordnet. In letzterem Falle ist es nöthig, vorher viel Brennstoff aufzugeben, und diesen in starke Gluth zu bringen. Ein Mittelchen, die Angriffe der Luft auf die Oberfläche des Stahles zu mildern, besteht in dem Eintauchen desselben vor der Erwärmung in Kalkmilch, Thon- oder Lehmwasser ($^1/_2$ kg Thon oder Lehm auf 1 Liter Wasser, gut verrührt).

So gebräuchlich und so bequem die offenen Feuer für die meisten Zwecke der Werkzeugdarstellung sind, eben so sehr

Digitized by Google

macht sich deren Unvollkommenheit bei der Herstellung und beim Härten grosser, complicirter Werkzeuge, auf deren Herstellung hoher Lohn haftet, und für die Massenerzeugung von Werkzeugen geltend.

Wenn eine grössere Anzahl von Werkzeugen, z. B. Meissel, Bohrer, Spitzeisen u. s. w., neu herzustellen oder zu repariren sind, wird ein Dutzend derselben in das Feuer gesteckt — mit der Absicht, sie vorzuwärmen — aber mit dem Erfolge, dass dieselben ungleichmässig erwärmt, theilweise überhitzt, oder gar verbrannt sind. Die daraus hergestellten Werkzeuge erweisen sich im Gebrauche als ungleichmässig, führen einen grossen Verschleiss an Stahl, sowie geringe Arbeitsleistungen nach sich.

Im Allgemeinen macht sich dort, wo man die Ursachen erkannte, daher die ganz richtige Bestrebung geltend, die der Werkzeugdarstellung dienenden Feuerungsanlagen so einzurichten, dass die durch die Erwärmung des Stahles entstehenden Mängel und Fehler der Hauptsache nach vermieden werden. Durch solche Einrichtungen wird der Werkzeugschmied von einer zersplitterten, weil vielseitigen Aufmerksamkeit enthoben, so dass er dieselbe auf das Wesentlichste beschränken kann, und an die Geschicklichkeit des Mannes geringere Anforderungen gestellt. Abgesehen hiervon, erzielt man in Betrieben, wie wiederholt erwähnt, mit den sorgfältiger hergestellten Werkzeugen eben auch bessere Arbeitsleistungen und spart am Material und am Lohn.

Die höheren Kosten, welche besser gewählte Schmiede- und Härteeinrichtungen verursachen, werden am ersparten Lohne rasch und reichlich eingebracht.

Der Erörterung der im einzelnen Falle anzuwendenden Oefen oder Feuer sei, der enormen Wichtigkeit, besonders des Härtens wegen, auf den Einfluss des Lichtes bei Beurtheilung des Temperaturgrades am Stahle hingewiesen.

Wenn man einen Stahlstab, wie auf Seite 19 beschrieben, erwärmt, so kann man daran die in der bezüglichen Tabelle angeführten Hitzegrade wahrnehmen; die Beobachtungen dabei stützen sich auf die rein subjective Empfindung des Betrach-

Digitized by Google

tenden, je nach dem Verhältnisse, in welchem die Gluth zum umgebenden Lichte steht. Die Gluth des gleichen Stahlstabes wird in absoluter Dunkelheit dem Auge ein anderes Bild zeigen, als im zerstreuten Tageslicht, oder gar als im hellen Sonnenscheine. Was im ersten Falle hellroth schien, wird im zweiten kirschroth, im Sonnenlichte dunkelroth scheinen. Bei wechselndem Lichte wird das Auge geblendet und in der Beurtheilung der Temperaturgrade ganz unsicher.

Wenn man aber bedenkt, dass die Schmiede- und insbesondere die anzuwendenden Härtetemperaturen in sehr engen Grenzen liegen, welche abzumessen ausschliesslich das Auge des Schmiedes oder Härters bestimmt ist, so wird es Jedem klar scheinen, dass man demselben nicht zu viel zumuthen darf, indem man ihn zwingt, im hellen Raume, oder bei stark wechselndem Lichte zu arbeiten. Der Schutz, welchen man dem Arbeiter in dieser Beziehung angedeihen lässt, liegt im Interesse des Verbrauchers der von demselben hergestellten Werkzeuge.

Diesen Schutz kann man sehr leicht schaffen, indem man die Einrichtungen für das Schmieden und Härten der Werkzeuge in jene Theile der Fabrikationsräume verlegt, welche wegen Mangel an Licht für andere Zwecke ohnedies nicht verwendbar sind, oder indem man die Fenster, welche sich in der Nähe bestehender Einrichtungen befinden, durch einen Anstrich, Gardinen u. s. w. vor grellem und wechselndem Lichte schützt.

Wie im Vorhergehenden erwähnt, führt die Erwärmung des Stahles im offenen Feuer Nachtheile mit sich, welche aus der erzielten ungleichmässigen Temperatur in demselben, der directen Berührung des Stahles mit dem Brennstoffe und der Gebläseluft der Hauptsache nach hervorgehen. Um diese Nachtheile zu vermeiden, oder in ihren Wirkungen abzuschwächen, stellt man Schachtöfen her, in welchen der Stahl nur mit den erhitzten Verbrennungsgasen der Brennstoffe, nicht aber mit diesen selbst, oder mit der Gebläseluft, in Berührung kommen kann.

Diese verschiedenen Oefen sind ihrer Einrichtung nach ganz gleich construirt und vornehmlich für die Verwendung

Digitized by Google

keine eigentliche Flamme ergebender Brennstoffe bestimmt. Der in Fig. 1 beschriebene Schachtofen ist das einfachste Abbild eines solchen.

Der geringe Temperaturgrad, welcher in solchen Schachtöfen zur Erwärmung des Werkzeugstahles herbeigeführt werden muss, gestattet es in den meisten Fällen, dieselben ohne Anwendung des Gebläsewindes in Betrieb zu halten, wenn man eine genügend hohe Esse (3 bis 4 m) anbringt, oder den Anschluss an eine solche bewerkstelligen kann. Für mehrere Oefen kann auch eine gemeinsame Esse in Anwendung kommen.

Die folgend beschriebenen Schachtöfen, deren Abmessungen für die Erwärmung mittelgrosser Gegenstände berechnet ist, können je nach dem Zwecke kleiner oder grösser gebaut werden; die Abmessungen sind dann im Verhältniss zu den in der Abbildung angegebenen Maassen zu wählen.

Fig. 4 stellt einen Schachtofen zum Betriebe mit Koks dar; derselbe kann aber auch mit einer Mischung von Koks und schwefelfreier Schmiedekohle gespeist werden.

Der Ofen ist aus feuerfesten Ziegeln gemauert und besteht, von unten anfangend, aus dem Aschenfalle *O*, dem Roste *r*, dem Kohlensacke *k*, der zu demselben führenden Aufgabevorrichtung *M* (Fülltrichter), dem Arbeitsraume *A*, welcher einen ringsherum führenden Absatz *ff* zur Auflage von Unterlagen für die Erwärmung nicht in der Zange eingehaltener Gegenstände besitzt. Dieser Arbeitsraum ist durch ein kleines Gewölbe *B*, in welchem sich zwei bis vier symmetrisch angeordnete Oeffnungen *c d* befinden, abgeschlossen. Erreichbar sind diese Oeffnungen, welche vornehmlich zur Herbeiführung einer im Raume *A* gleichmässig ausgebreiteten Temperatur dienen und zu diesem Zwecke durch die aufgelegten Deckel *a b* ganz oder theilweise geschlossen werden können, durch eine bei *W* angeordnete Thür. Ein zweiter Bogen *C* schliesst den Ofen nach oben ab, derselbe trägt direct die Esse *E*. Wenn Anschluss an eine andere oder an eine gemeinsame Esse vorhanden ist, so führt man die Ofengase durch den Raum *L* mittelst eines seitlich abzweigenden Kanals in dieselbe ab.

Digitized by Google

Zur leichteren Handhabung der in den Ofen einzuhaltenden Werkzeuge ist vor der Arbeitsöffnung *P* ein Tisch *T* angebracht; sowohl *P* als der Aschenfall *O* sind mit gut schliessenden Blechthüren versehen. Das Mauerwerk des Ofens wird durch Anker und Schliessen, wie aus der Abbildung ersichtlich, zu-

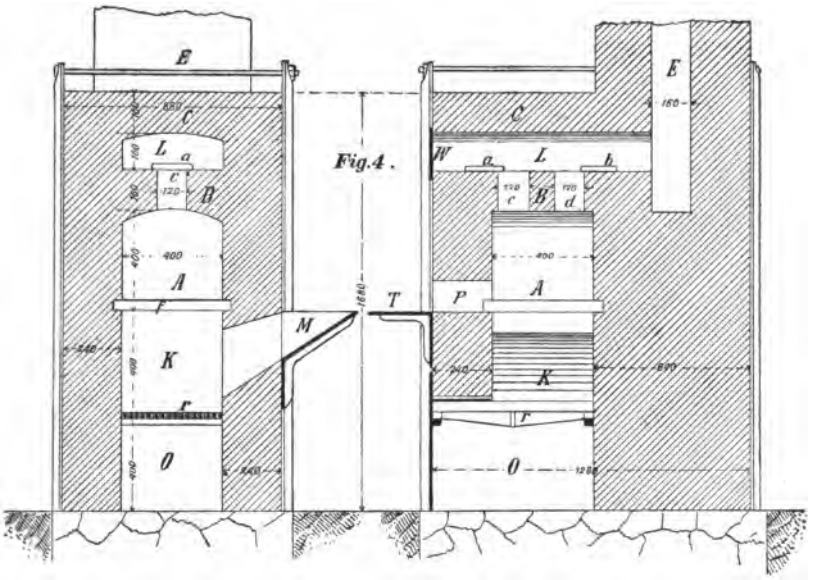
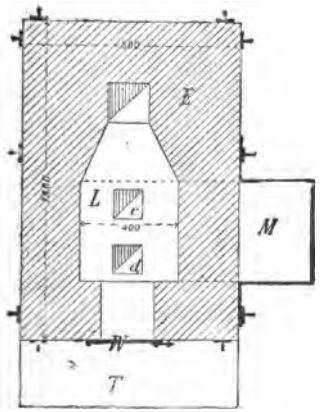


Fig. 4.



sammengehalten. Der Essenkanal erhält zur Regulirung des Luftzuges eigene Essenschieber, oder die Esse selbst eine verstellbare Deckelklappe. Das Anheizen solcher Oefen erfordert 1 bis 2 Stunden, je nach der Grösse derselben und wird solange fortgesetzt, bis das Innere des Arbeitsraumes *A*, also auch die Ofenwandung desselben, gleichmässige hellrothe Gluth zeigt. Das Einhalten der Gegenstände zum Er-

Digitized by Google

wärmen kann nun stattfinden, wobei Folgendes zu beachten ist: Die Temperatur des Ofens steigert sich mit der Zeit, innerhalb welcher derselbe schon im Betrieb stand, beträchtlich. Man ordnet daher die Arbeit daran derartig, dass man dieselbe mit den Gegenständen, welche die kleinsten Abmessungen haben, also am Leichtesten erwärmt und überhitzt sind, beginnt, und nach und nach zu jenen Stücken, welche die grössten Abmessungen besitzen, übergeht. Da die Wärme, welche der in Gluth befindliche Brennstoff ausströmt, grösser ist, als die von den Ofenwänden ausgestrahlte Wärme, so werden die in diesen Ofen eingehaltenen Gegenstände ebenfalls einseitig höher erhitzt, wenn man sie nicht öfter wendet. Hält man noch kalte, frische Gegenstände ein, so soll der Zeitpunkt neuer Brennstoffaufgabe hiermit zusammenfallen, da die hohe Gluth des Ofens dadurch eine kleine Herabminderung erfährt und bei Anwendung eines Theiles Schmiedekohle in Mischung mit Koks die entwickelte russende Flamme etwas Schutz gegen Ueberhitzung und Oxydation der Ecken und Kanten des

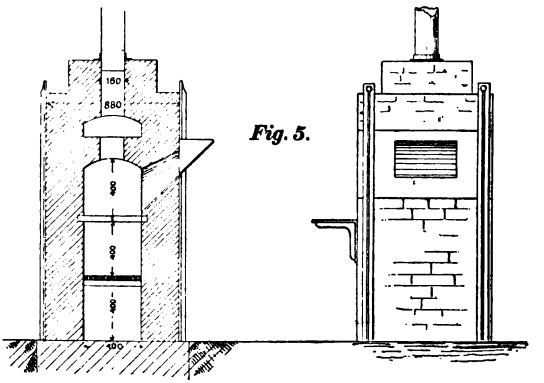


Fig. 5.

Stahles giebt. Der zu erwärmende Werkzeugstahl wird entweder direct mit der Schmiedezange eingehalten — dieselbe ruht dann auf dem Arbeitstische T — oder auf rostartige Unterlagen gelegt. Kleine, im Ganzen zu erwärmende Werk-

Digitized by Google

zeuge bringt man auch auf einer Blechunterlage, welche dieselben gegen die directe Hitze des Brennstoffes schützt, in den Ofen.

Fig. 5 zeigt einen Schachtofen des gleichen Systems, welcher mit Holzkohle betrieben wird. Ein Unterschied besteht nur in der Anordnung der Füllthüre zur Aufgabe des Brennstoffes, welche höher liegend angebracht ist, um einen unnützen Verbrauch an Kohle durch Verbrennung innerhalb des Füllkastens zu vermeiden.

Fig. 6 zeigt den in Fig. 4 dargestellten Ofen, bei welchem zur Ersparung von Eisentheilen Füllkasten und Arbeitstisch gemauert sind.

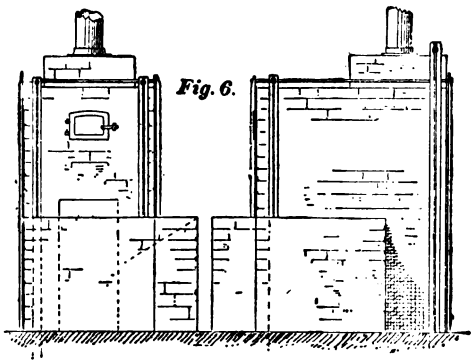


Fig. 6.

Fig. 7 zeigt einen Schachtofen zur Erwärmung langer Gegenstände für das Schmieden und vornehmlich zum Härten, z. B. für lange Scheerenmesser, Sägen u. s. w.

Die an allen Oefen wiederkehrenden Reguliröffnungen *c d* und deren Deckel *a b* sind, ebenso wie die Essenschieber, für den Gang des Ofens von besonderer Wichtigkeit.

Durch das Oeffnen und Schliessen des Essenschiebers wird der Luftzug im Ofen, und damit dessen Temperatur im Allgemeinen gesteigert oder vermindert; durch theilweises Ver-

Digitized by Google

decken der Oeffnungen *c d* kann die Wärme in einzelnen Theilen des Ofens ebenfalls gesteigert oder herabgemindert werden. So wird durch Schliessen der in der linken Hälfte des Ofens Fig. 7 gelegenen Oeffnungen *c d* eine Herabminderung der Wärme in dieser Ofenhälfte und eine Steigerung derselben in der rechten Ofenhälfte herbeigeführt.

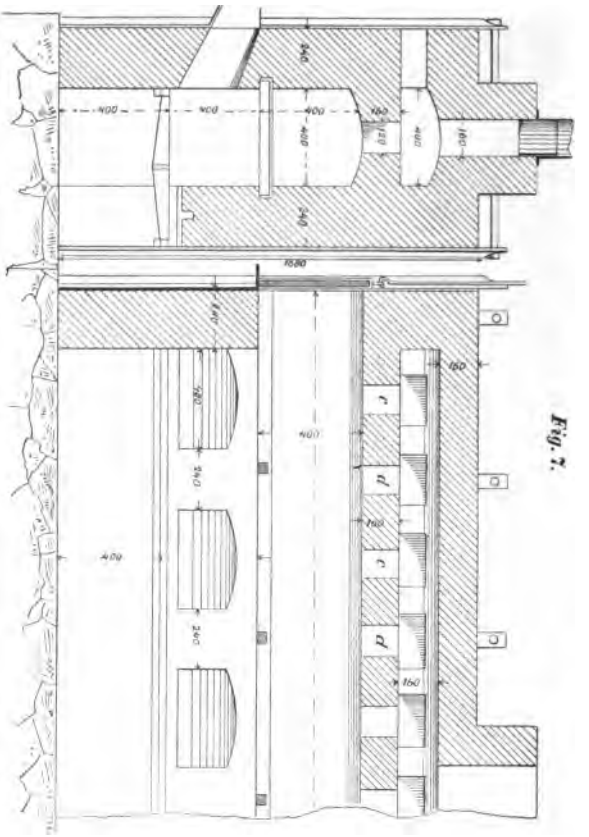


Fig. 7.

Wenn man die vorher beschriebenen Schachtöfen für die Benutzung von Schmiedekohle (Steinkohle) einrichten oder wenn man bei Verwendung harter Kokse die zu erwärmenden Gegenstände vor der möglichen Berührung mit der hierdurch

Digitized by Google

entwickelten scharfen Stichflamme schützen will, so stellt man den Ofen, so wie in Fig. 8 dargestellt, her. Die Kohle oder der Koks verbrennt hier unter einem Gewölbe *U* und erwärmt den Arbeitsraum *A* durch die beiden Schlitze *Z*. Der zu er-

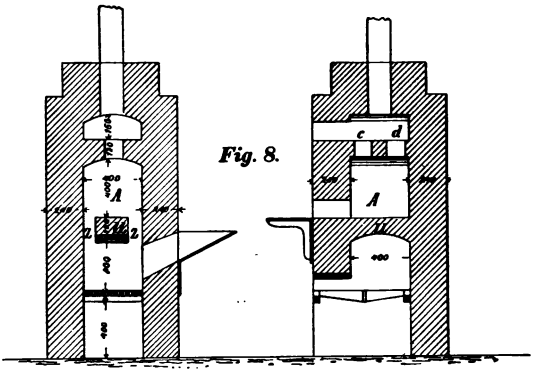


Fig. 8.

wärmende Stahl kommt hierdurch weder mit der Flamme, noch mit den Verbrennungsgasen des Ofens in directe Berührung, die Erwärmung erfolgt unter ähnlichen Bedingungen wie in der Muffel.

Wenn man 25 bis 40 cm oberhalb des Gewölbes *U* ein zweites Gewölbe anbringt, welches durch eine zweite Arbeitsthüre *T*, wie in Fig. 9 dargestellt, erreichbar ist, so kann der so gewonnene Herd zum Vorwärmen Verwendung finden.

Die Anwendung solcher Oefen ist bei Raummangel, besonders für die continuirliche Arbeit beim Schmieden oder Härten von Massenartikeln zu empfehlen, z. B. beim Schmieden von Kugeln, Feilen, Scheeren, Messern u. s. w., beim Härten von Hufstollen, Fahrradtheilen u. s. w.

Durch die Anordnung einer Eisen- oder Thonmuffel auf dem Gewölbe *U* in Fig. 8, oder zweier Muffeln übereinander, wie in Fig. 10 dargestellt, wird dieser Ofen in einen regulären Muffelofen umgewandelt, wobei die obere Muffel zum Vorwärmen dient. Die Erwärmung des Stahles im Muffelofen erfolgt aus-

Digitized by Google

schliesslich durch die, von den Wänden der Muffel ausgestrahlte Wärme. Es darf aber nicht angenommen werden, dass es nicht möglich ist, Werkzeugstahl in der Muffel zu überhitzen. Dieses ist im Gegentheil bei Unaufmerksamkeit leicht möglich. Wenn ein Muffelofen längere Zeit hindurch im Betriebe steht, so dass Ofenwandungen und Muffel endlich durch und durch hochgradig erhitzt sind, so erfolgt die Erhitzung des Stahles ebenfalls zu höherer als zulässiger Temperatur; der Stahl wird überhitzt, oder zumindest die vorstehenden Ecken und Kanten davon.

Fig. 9.

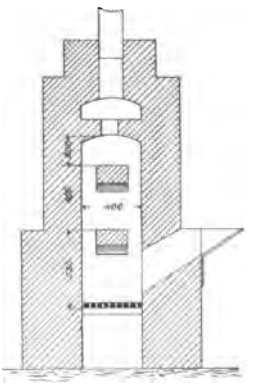
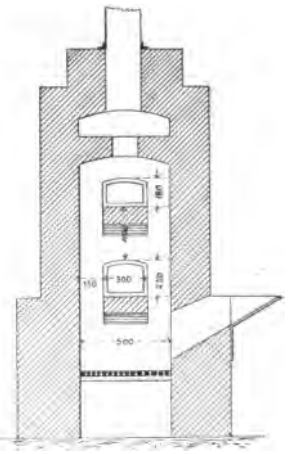


Fig. 10.

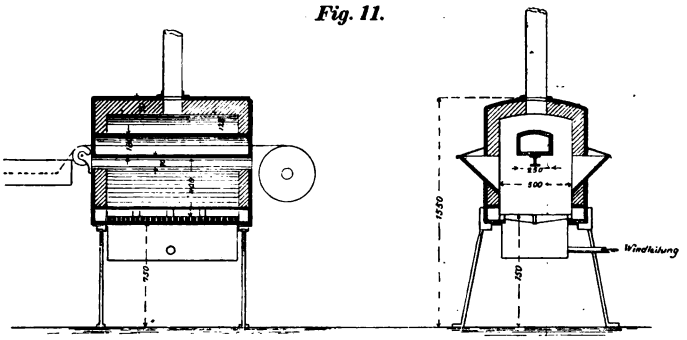


Das Innere der Muffel erhält aus allen Theilen der Wandung Wärme zugeführt, am stärksten aber aus jenen Wandungen, welche der Feuerung des Ofens am nächsten liegen, meist also vom Boden der Muffel, oder vom Boden und einer Seitenwandung aus. Bringt man den zu erwärmenden Stahl mit den Wandungen der Muffel in directe Berührung, so wird derselbe an der Berührungsstelle in höhere Temperatur kommen als im übrigen Theile, und an dieser leicht überhitzt. Man legt den in der Muffel zu erwärmenden Stahl daher auf Unterlagen — Eisenstäbe, oder besser behauene Stücke feuerfester

Digitized by Google

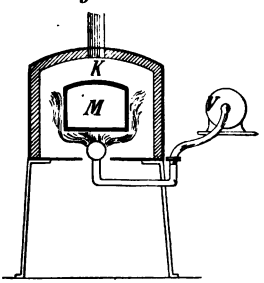
Ziegel — derart, dass derselbe mit den Muffelwandungen in keinerlei directe Berührung und möglichst in die Mitte der Muffel zu liegen kommt. Ein wiederholtes Wenden des Stahles während der Erwärmung fördert die Gleichmässigkeit derselben. Die Oeffnung der Muffel soll thunlichst dicht durch eine Thüre geschlossen sein, um den Zutritt der Luft zu verhindern. Eiserne Thüren, welche sich in der Wärme leicht verziehen und dann nicht mehr gut schliessen, entsprechen nicht so gut als Schiebethüren aus Chamotte. In der Mitte befindet sich bei der eisernen Thüre ein verschliessbares Guckloch zur Beobachtung der erzielten Temperatur, an der Chamottethüre ist das Guckloch mit einem Glimmerblättchen fest verschlossen.

Fig. 11.



In Fig. 11 ist ein Muffelofen dargestellt, welcher zur continuirlichen Erwärmung von Bandstahl zum Glühen, Härten, event. auch zum Anlassen, dient, und für den Betrieb mit Holzkohle eingerichtet ist. Muffelöfen, bei welchen die Muffel durch Gas erwärmt wird, sind ausserordentlich reinlich und leicht zu bedienen; die Scizze Fig. 12 stellt einen solchen Ofen dar; derartig ausgeführte Oefen werden von der Firma Ludw. Loewe & Co., Act.-Ges., Berlin, gebrauchsfertig geliefert.

Fig. 12.



Die Muffel *M* sitzt in einem eisernen, mit Chamotte ausgekleideten Kasten *K*.

Digitized by Google

Unterhalb der Muffel liegt ein Heizrohr, welches mit vielen, in mehreren Reihen angeordneten Löchern versehen ist, und welches mittelst eines Rohres mit dem kleinen Ventilator *V* in Verbindung steht. Der sehr rasch laufende Ventilator saugt das Gas aus einer Gasleitung, mit welcher derselbe in Verbindung steht, an, mischt dasselbe mit angesaugter Luft und führt es dem Heizrohre zu. Die entwickelte Flamme umspült die Muffel und erwärmt dieselbe rasch zu gleichmässiger Temperatur, welche durch Regelung der Gaszuführung leicht erhöht oder verringert werden kann.

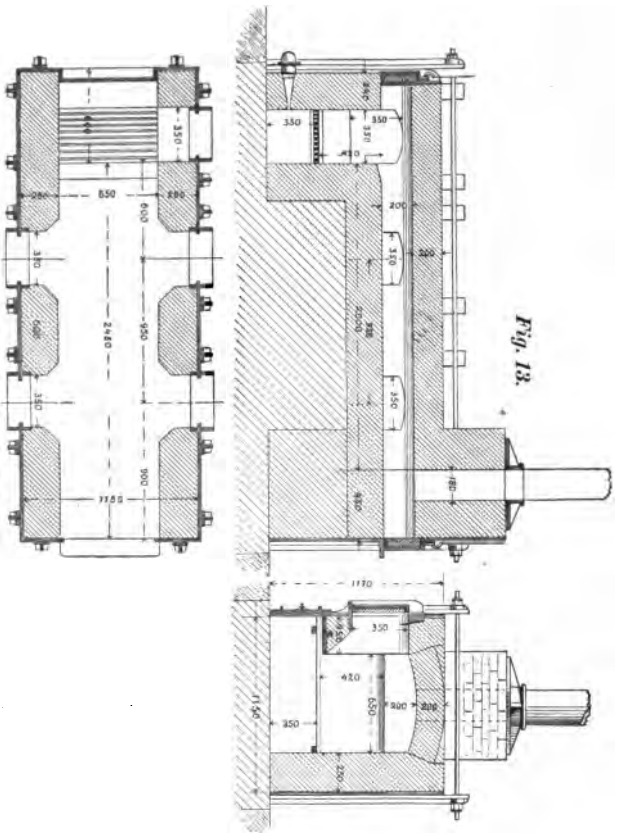


Fig. 13.

Muffeln aus feuerfestem Material sollen vorsichtig und sehr langsam angewärmt werden, weil dieselben sonst leicht Sprünge

Digitized by Google

erhalten. Wenn solche doch entstehen, so verschmiert man dieselben mit einem aus 4 Theilen Graphit und einem Theile Thon hergestellten Teig.

Die vorstehend beschriebenen Oefen werden in der Praxis vielfach angewendet, und bewähren sich stets, wenn deren Bedienung aufmerksam erfolgt. Die Baukosten derselben sind nicht gross, so dass deren Aufstellung ganz besonders für das Härten von Werkzeugen überall dort zu empfehlen ist, wo man Werkzeuge, deren Herstellungskosten hohe sind, noch im offenen Schmiedefeuer erwärmt.

Für das Härten sehr selten angewendet, bei continuirlichen Schmiedearbeiten an Werkzeugstahl der Anlage einer grösseren Anzahl von Schmiedefeuern vorzuziehen ist der Flammofen.

In Fig. 13 ist ein mit Stein- oder Braunkohle zu betreibender gewöhnlicher Schmiedeflammofen dargestellt. Derselbe hat an den beiden Seiten vier Arbeitsthüren und eignet sich daher zur Bedienung von mehreren Arbeitsstellen. Die Verbrennung der Kohle wird durch eine unterhalb des Rostes mündende Windleitung gefördert.

In Fig. 14 ist der gleiche Ofen dargestellt. Zum Unterschiede von dem ersten wird die Verbrennung der Kohle am Treppenroste durch freien Luftzug herbeigeführt.

Fig. 14.

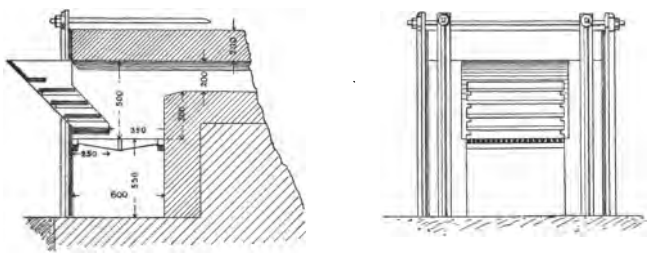


Fig. 15 stellt einen kleinen Flammofen dar, wie derselbe zur Vornahme von Schmiede- und selbst auch Härtearbeiten in geringem Umfange angewendet wird.

Digitized by Google

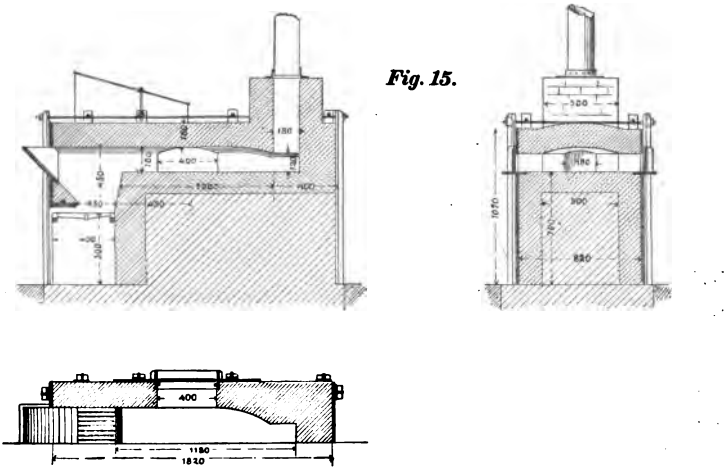
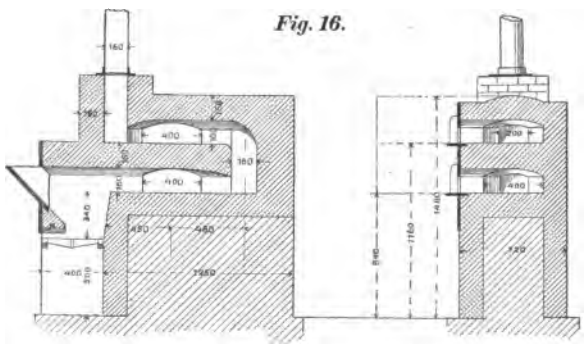


Fig. 15.

Bei Mangel an Raum und bei Kleinschmiedearbeiten kann der in Fig. 16 dargestellte Flammofen mit zwei Herden gewählt werden; der obere Herd dient zum Vorwärmen der Gegenstände.

Fig. 16.



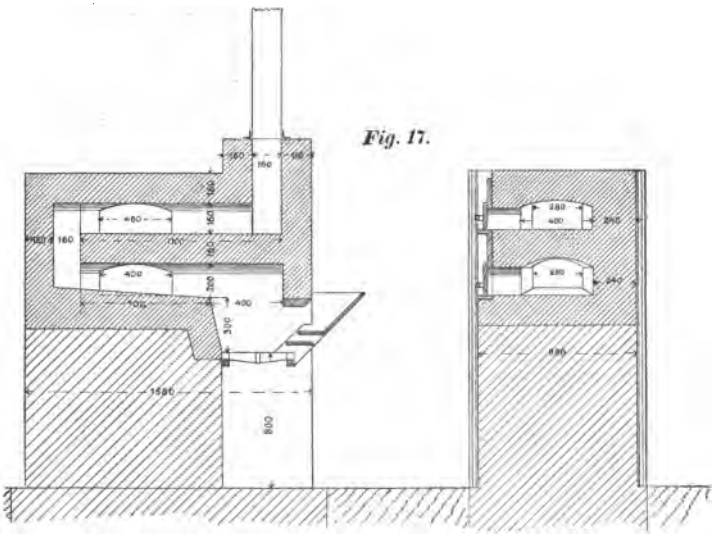
Beim Erwärmen von Stahl im Flammofen ist zu beachten, dass die Wärme im Ofen nicht gleichmässig ist, sondern gegen die Feuerung zunimmt und in der Nähe der Arbeitsthüren geringer ist.

Digitized by Google

Man bringt den Stahl daher anfänglich in den kältesten Theil des Ofens und rückt denselben langsam dem heissen Theile der Feuerung entgegen.

Gegenstände, welche im Flammofen für das Härten zu erwärmen sind, bringt man in jenen Theil des Ofens, welcher die anzuwendende Härtetemperatur zeigt. Um eine directe Berührung des hocherhitzten Bodens des Herdes zu vermeiden, setzt man dem Gegenstande Eisenstäbchen unter, oder auch Stücke feuerfester Ziegel, und schützt ihn gegen die directe Einwirkung der Flamme durch ein im rechten Winkel gebogenes, vorgelegtes Blechstück.

Fig. 17.



Schmiede- u. Härte-Flammofen.

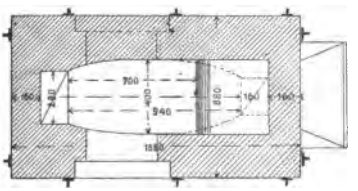
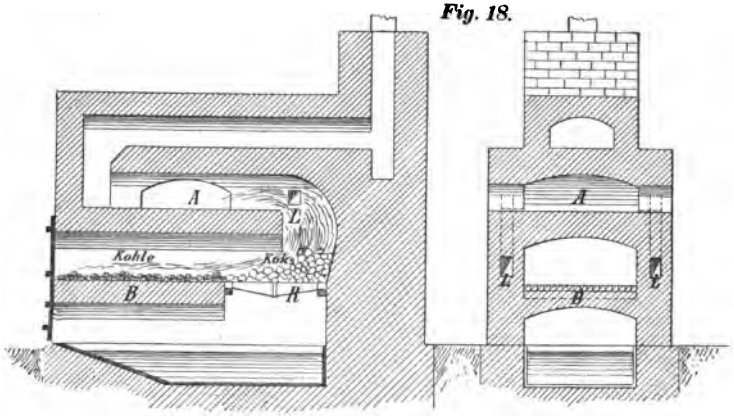


Fig. 17 zeigt einen kleinen Flammofen mit Treppenrost und 2 über einander liegenden Herden.

Digitized by Google

In Fig. 18 ist ein Flammofen mit einer patentgeschützten Feuerung von Gasteiger in Wien dargestellt. Dieser Ofen ist mehrfach practisch angewendet, weil er eine grössere Oeconomie im Kohlenverbrauche gestattet; derselbe ist nach folgenden Principien construirt:

Fig. 18.



Die Kohle wird auf den festen Boden *B* aufgegeben und hier vergast; die Gase strömen über den auf den Rost *R* vorgeschobenen glühenden Koks, werden hier hoch erwärmt, treffen mit der an den Seiten eintretenden Luft *L* zusammen und verbrennen im Raume *A*. Die erzielte Hitze wird erhöht durch Bildung von etwas Wassergas, welches durch Dampfbildung in dem unterhalb des Rostes angeordneten, mit Wasser gefüllten Gefässe entsteht, indem derselbe die glühende Koksschicht am Roste *R* durchströmt.

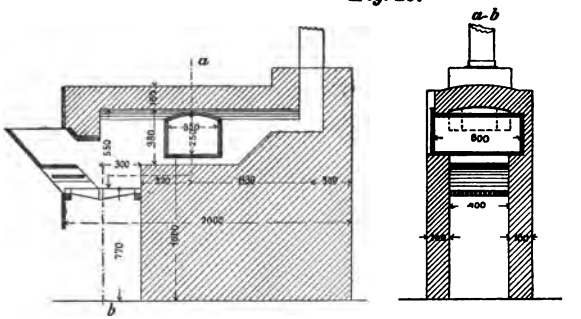
Fig. 19 stellt einen Flammofen mit Muffel dar, wie derselbe zum Härten, Glühen und Einsetzen vielfach Verwendung findet.

Complet fertige, leicht transportable Muffelöfen, welche mit Rücksicht auf den geringsten Raumverbrauch und zur Anwendung gewöhnlicher Steinkohle für die Erwärmung construirt sind, baut die Maschinenbau-Anstalt C. Pekrun, Coswig in Sachsen, (Deutscher Reichsmusterschutz) und die Fahrradwerke

Digitized by Google

von Winklhofer & Jänicke, Chemnitz-Schönau. Die Bedienung dieser Oefen ist leicht und einfach und deren Anschaffung zu empfehlen.

Fig. 19.



Einrichtungen für das Glühen des Stahles.

Wie in einem früheren Capitel erwähnt, wird durch verschieden starke Bearbeitung des Werkzeugstahles das Gefüge desselben verschieden beeinflusst, es wird um so feinkörniger, je kräftiger die Bearbeitung war, und in je niedrigerer Temperatur die Bearbeitung erfolgte.

Mit dieser Aenderung im Gefüge geht auch eine Aenderung der Festigkeitseigenschaften des Stahles vor sich, die Dichte wird vermehrt, die Naturhärte erhöht, die Bearbeitungsfähigkeit vermindert.

Wenn Werkzeugstahl geschmiedet und an einzelnen Stellen bei niedriger Temperatur, an anderen (meist an solchen geringen Querschnitts) kräftiger bearbeitet wird, und einzelne Stellen fast unbearbeitet bleiben, so hat das daraus erzeugte Werkzeug an diesen Stellen verschiedene Festigkeiten und verschiedenes Gefüge; man sagt, es hat: Schmiedespannungen. Kommt solches Werkzeug zur Bearbeitung, so zeigt es sehr ungleichmässige Bearbeitungsfähigkeit; beim folgenden Härten zerreist dasselbe meist.

Digitized by Google

Um diese Spannungen aus dem geschmiedeten Werkzeuge herauszubringen oder die Bearbeitungsfähigkeit am rohen Stahle zu erhöhen, glüht man den rohen Stahl oder die geschmiedeten Werkzeuge vor deren Bearbeitung.

Das Glühen von Werkzeugstahl muss mit der gleichen Aufmerksamkeit und Gewissenhaftigkeit geschehen, wie alle anderen Operationen, bei welchen Werkzeugstahl erwärmt wird.

Als allgemeine Regel beim Glühen hat Folgendes Geltung: Der Stahl soll beim Glühen möglichst gleichmässig und langsam zur Kirschröthe erwärmt, in dieser Temperatur nur so lange erhalten werden, bis anzunehmen ist, dass derselbe durch und durch gleichmässige Hitze hat. Hierauf soll der Stahl vor zu raschem Wärmeverlust geschützt, langsam erkalten.

Wenn Werkzeugstahl beim Glühen der Einwirkung der Luft ausgesetzt ist, so überzieht sich derselbe mit einer, oft recht tief eindringenden Oxydschicht, verliert selbst oberflächlich Kohlenstoff (nimmt an entkohlten Stellen keine genügende Härte mehr an) und kann bei hoher Temperatur auch leicht überhitzt resp. verbrannt werden.

Man erwärmt daher den Werkzeugstahl beim Glühen oftmals in Gefässen, in welchen er gegen die Einwirkung der Luft geschützt ist. Gegen eine Ueberhitzung des Stahles beim Glühen kann nur sehr gewissenhafte Beobachtung der Temperatur durch den Glüher Schutz bieten.

In Bezug auf die practische Ausübung des Glühens ist Folgendes zu erwähnen:

Zum Glühen einzelner Werkzeuge oder Stahlstücke kann die Erwärmung in jedem der vorbeschriebenen Oefen und Feuer vorgenommen werden. Wenn die Erwärmung so weit fortgeschritten ist, dass der Gegenstand gleichmässige Rothgluth zeigt, so soll derselbe in einem Lager von Holzkohlenklein, Kohlenlösche u. s. w. gut eingebettet und davon bedeckt, langsam erkalten gelassen werden. Sind Gegenstände aus Stahl besonders hoher Härte (also aus sehr feuerempfindlichem Stahle) in der vorbeschriebenen Art zu glühen, so stellt man aus Blech ein genügend grosses Gefäss her, oder verwendet

Digitized by Google

eigens diesem Zwecke dienende Glühkistchen aus Gusseisen, in welche man die zu glühenden Gegenstände zwischen gut ausgebrannter Holzkohle, Lederkohle, Hornspähne, reine, rostfreie Drehspähne und dergleichen, einpackt. Die Deckelfugen und alle sonstigen Oeffnungen an den Kisten werden mit Lehm gut verstrichen. Die Erwärmung derselben erfolgt unter den genau gleichen Vorsichtsmaassregeln, wie jene des nicht eingepackten Stahles. Die genügend erwärmte Glühkiste wird, von Kohlenlösche bedeckt, langsam erkalten gelassen. Die geglühten Gegenstände dürfen erst nach dem völligen Erkalten aus der schützenden Umhüllung genommen werden.

Soll Werkzeugstahl oder daraus gefertigte Gegenstände in grösseren Mengen geglüht werden, so empfiehlt es sich, besonders wenn dies in wiederholten Fällen geschehen soll, eigene Glühöfen aufzustellen.

In Fig. 20 ist ein Schachtglühofen dargestellt, welcher zum Glühen von Schmiedestücken, z. B. von rohen Fraiserscheiben, Feilen, Gesenken, Fahrradtheilen u. s. w. oder von Werkzeugstahl in kurzen Stücken dient.

Als Brennstoff für diesen Ofen dient hauptsächlich Holz und Torf; scharfe Hitze ergebende Brennstoffe sollen dazu nicht verwendet werden.

Die Stahlstücke oder die daraus gefertigten Gegenstände werden auf der Herdsohle so aufgeschichtet, dass dieselben noch einige Centimeter von den Oeffnungen *m m m* abstehen, keinesfalls aber darüber hinausreichen. Hierauf wird die Arbeitsthüre geschlossen oder die Thüröffnung mit feuerfesten, dicht aneinandergelegten Ziegeln verlegt und deren Fugen gut mit Lehm verstrichen. Zur Beobachtung der Temperatur im Ofen sind verschliessbare Schaulöcher in der Thüre und in den Seitenwänden angeordnet.

Das Anheizen des Ofens geschieht anfänglich mit geringen Mengen Brennstoff und wird mit der im Ofen vorschreitenden Temperatur verstärkt, so lange, bis der ganze Stahl durch und durch gleichmässige, nicht zu helle Kirschrothgluth erkennen lässt. Nach 4—8 Stunden (je nach dem Fassungsraum des Ofens) ist diese Temperatur im Ofen erreicht. Nun werden

Digitized by Google

alle, der Regulirung des Ofenganges dienenden Kanäle, sowie der Essenschieber und die Thüren geschlossen, alle Fugen, durch welche Luft in den Ofen dringen könnte, mit Lehm

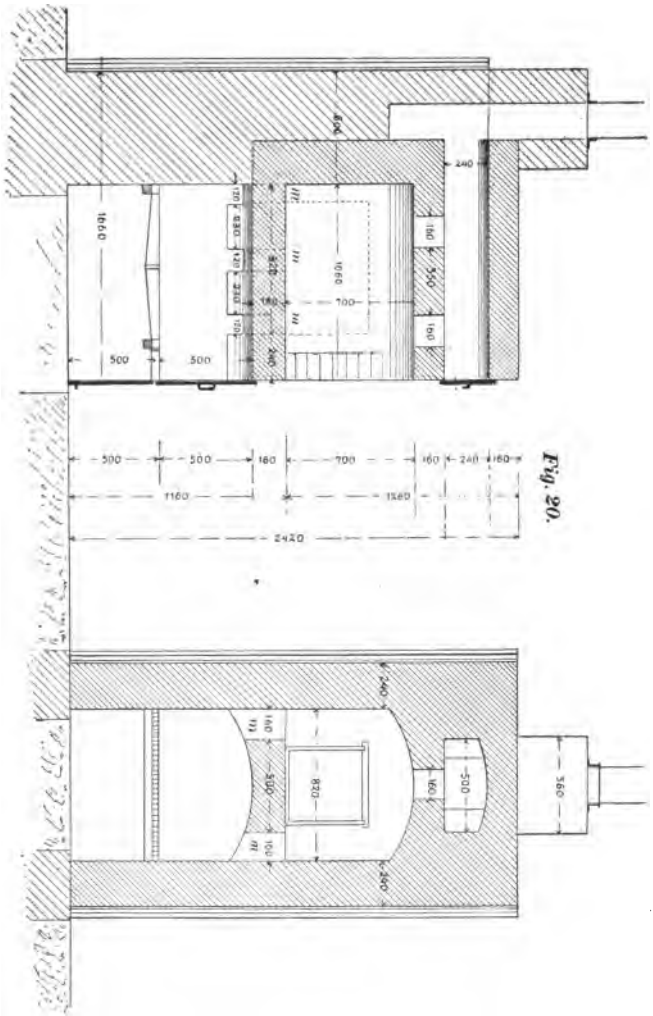


Fig. 20.

verstrichen und der Ofen so dem langsamen Erkalten überlassen, was nach 48 bis 72 Stunden erfolgt ist.

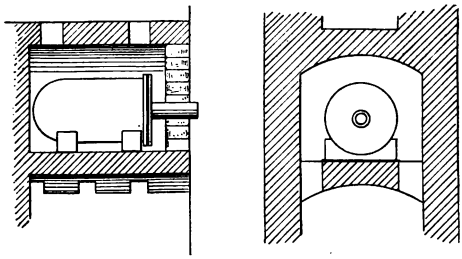
Digitized by Google

Der so geglühte Werkzeugstahl zeigt sehr gleichmässige, weiche Beschaffenheit.

Der gleiche Arbeitsvorgang ist einzuhalten, wenn man das Ausglühen in einem der früher beschriebenen Muffelöfen vornimmt.

Der Ofen Fig. 20 kann auch zum Glühen des Stahles im Glühtopfe oder im Glühkasten dienen, indem man dieselben nach der Füllung auf die Herdsohle des Ofens stellt, und im Uebrigen genau so erwärmt, wie im Vorstehenden beschrieben; als Brennstoff kann dann auch Kohle verwendet werden.

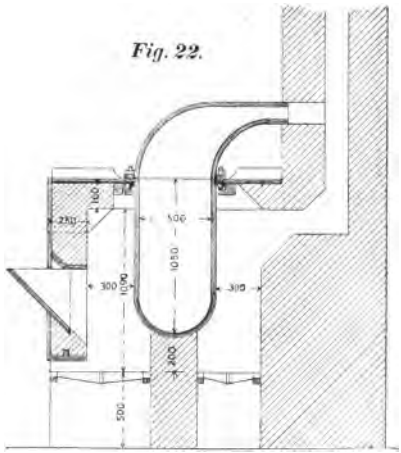
Fig. 21.



Die Art der Anordnung ist aus den Scizzen 20 und 21 ersichtlich.

Fig. 22 veranschaulicht einen Ofen mit grossem Glühtopfe, Fig. 23 einen solchen mit einer grösseren Anzahl kleinerer Glühtöpfe.

Fig. 22.



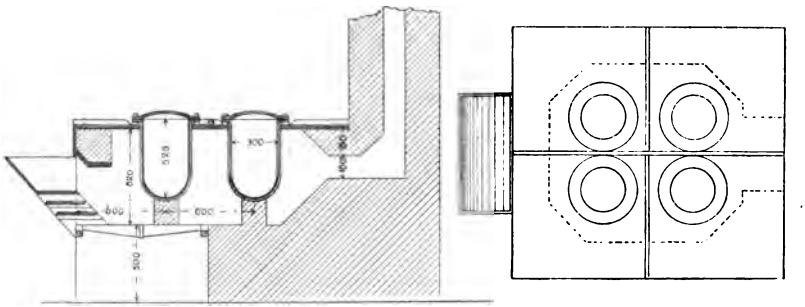
Bezüglich dieser Oefen ist zu erwähnen, dass die Glühtöpfe von der umgebenden Flamme leicht ungleichmässig erhitzt, die Gegenstände darin dann auch theilweise überhitzt werden und beim folgenden Härten viel Härteausschuss ergeben. Durch sehr

Digitized by Google

langsames Heizen und stete Aufmerksamkeit kann dieser Fehler vermieden werden.

Um für den Ausfall der Glühung eine Controle zu haben, fügt man den zu glühenden Gegenständen Stahlstäbchen (Abfälle, Enden, der gleichen Stahlqualität) bei und ordnet

Fig. 23.



diese an jenen Stellen des Ofens oder Glühtopfes an, wo eine Ueberhitzung leicht möglich ist. Nach dem erfolgten Glühen zerbricht man die Stäbchen und kann aus dem Vergleiche des erzielten Bruches mit dem Bruchaussehen des roh gebrochenen Stahles auf die im Glühofen erzielte Temperatur schliessen.

In Fig. 24 ist ein Glühofen des in Fig. 19 dargestellten Systems zum Glühen langer Gegenstände abgebildet.

Einrichtungen für das Härten des Stahles.

Die in Fig. 1 bis incl. 18 dargestellten Ofengattungen dienen auch für die Erwärmung des Stahles zum Härten.

Bei keiner Operation der Werkzeugdarstellung ist eine völlig gleichmässige Erwärmung des Werkzeuges von solcher Bedeutung als beim Härten. Der geringste Fehler bringt hier nicht wieder gut zu machenden Schaden.

Die Auswahl der Feuerungsanlagen zum Zwecke des Härtens muss daher mit um so grösserer Sorgfalt geschehen,

Digitized by Google

als mit dem Verluste des Werkzeuges auch jener der darauf lastenden Herstellungskosten verbunden ist.

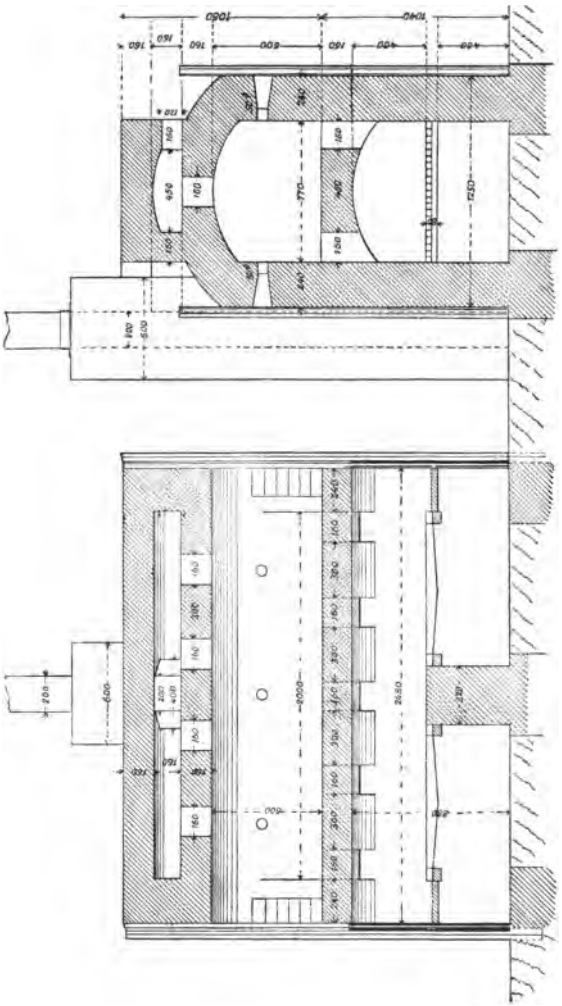


Fig. 24.

Leider giebt es keine vollkommenen Einrichtungen, mit welchen die zuverlässige Erwärmung des Werkzeuges selbstständig, also rein automatisch herbeigeführt werden kann; der

Digitized by Google

Erfolg ist in letzter Beziehung doch immer wieder von der Erfahrung und der Aufmerksamkeit des Härters abhängig.

Unvollkommene Härteeinrichtungen erfordern bei deren Benützung mehr Aufmerksamkeit, und zahlreiche innezuhaltende Beobachtungen, welche den Härter bald ermüden, und eine Menge von Zufälligkeiten schaffen, deren Folge fehlerhafte oder ganz unbrauchbare Werkzeuge sind.

Man thut daher gut, solche Einrichtungen zu wählen, dass durch die Zahl der Beobachtungen daran nicht zu grosse Anforderungen an die Geschicklichkeit des Härters gestellt werden.

Bezüglich der zu wählenden Einrichtungen möge folgender Rath hier Platz finden:

Stehen zum Härten von Werkzeugen keine anderen Einrichtungen als offene Schmiedefeuer zur Verfügung, so wähle man für deren Betrieb ausschliesslich Holzkohle, auch wenn man mit anderen Brennstoffen momentan das Auskommen zu finden glaubt. Das Ergebniss des Wechsels eines Brennstoffes zu Gunsten der Holzkohle wird nach kurzer Zeit an der besseren Qualität, grösseren Gleichmässigkeit und längeren Arbeitsdauer der fertigen Werkzeuge befriedigenden Ausdruck finden.

Die in Fig. 2 und 3 abgebildeten, zur Anwendung empfohlenen Einrichtungen werden in manchen Fällen, z. B. beim zeitweisen Härten feiner Werkzeuge: Spiralbohrern, Reibahlen, Fraisern u. s. w., mit gutem Erfolge dienen können.

Die in Fig. 4 bis incl. 6 dargestellten Oefen sind für das Härten von Werkzeugen aller Gattungen der einfachen Construction und der geringen Herstellungskosten wegen besonders zu empfehlen. Wenn man als Brennstoff dazu Holzkohle verwendet, so ist das Härten aus diesen vielfach in Anwendung stehenden Oefen leicht und ohne grosse Gefahr selbst für die complicirtesten Werkzeuge ausführbar.

Der Ofen Fig. 7 sollte in keiner Werkstätte fehlen, wo lange Gegenstände, besonders Scheermesser, gehärtet werden.

Die verschiedenen zur Abbildung gebrachten Muffelöfen eignen sich als Härteöfen von allen Ofengattungen am besten und gewähren den Vortheil der Anwendbarkeit von Brenn-

Digitized by Google

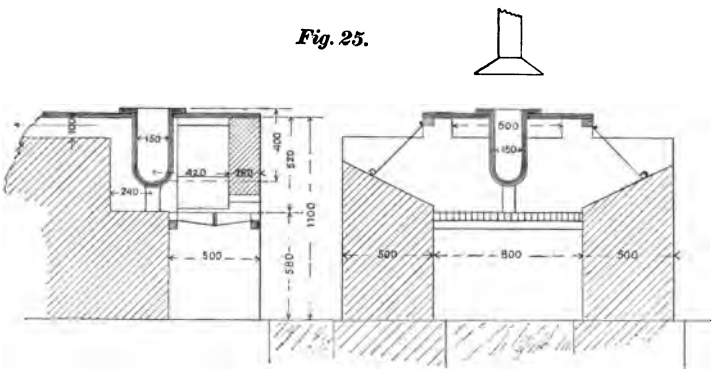
stoffen, deren Verwendung in anderen Oefen sonst für den Stahl von Schaden wäre.

Wenn im Muffelofen auch die directe Berührung des Werkzeuges mit dem Brennstoffe oder dessen Gasen ausgeschlossen ist, so ist der Zutritt der Luft zum Werkzeuge nicht ganz zu vermeiden; durch die directe Berührung des Werkzeuges mit der Muffelwandung und ungleichmässige Erhitzung derselben kann das Werkzeug auch in der Muffel ungleichmässig erhitzt werden, lauter Umstände, welche in manchen Fällen eine noch sicherer wirkende Methode der Erwärmung wünschenswerth erscheinen lassen. Man erwärmt dann die Werkzeuge zum Härten unter absolutem Ausschlusse der Luft, indem man dieselben entweder

1. in einem Bade geschmolzener Metalle, oder
2. in einem Bade geschmolzener Salze von bestimmter Schmelztemperatur erwärmt.

Es sei vor weiterer Besprechung darauf hingewiesen, dass Werkzeuge, welche in geschmolzener Masse erwärmt werden, auch in dieser ebensowohl zu hoch, als auch zu niedrig erwärmt werden können. Die blosse Erwärmung darin bietet keine Garantie gegen die vorerwähnten Fehler, wenn die ge-

Fig. 25.



schmolzene Masse selbst zu hoch oder ungleichmässig erhitzt wurde. Man kann ein Schmelzgut eben so leicht überhitzen, wie

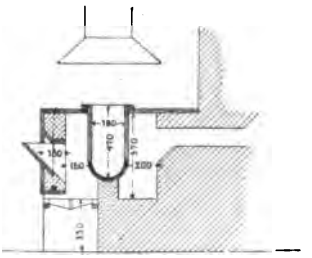
Digitized by Google

eine Muffelwandung und ein Stück Stahl; die flüssige Beschaffenheit desselben hindert auch eine ungleichmässige Erwärmung nicht, ganz so, wie bei Wasser, welches man in einem Gefässe an der Oberfläche zum Kochen bringen kann, ohne die Wärme in der Tiefe zu erhöhen.

Das Schmelzen der Metalle oder Salze geschieht in einem gusseisernen Tiegel von meist rundem Querschnitte, welcher in einen, wie in Fig. 25 dargestellten Ofen eingebaut ist.

Die Erwärmung des Tiegels geschieht bei diesem Ofen mittelst milder Hitze gebendem Kokse, oder besser, mittelst Holzkohle.

Fig. 26.



Der in Fig. 26 dargestellte Ofen dient zum Betrieb mit Holz oder Steinkohle, event. auch Braunkohle.

Die directe Controle der an dem Schmelzgute erzielten Temperatur ist schwierig und nur an der Gluth des darin erwärmten Gegenstandes auszuüben möglich, wenn man dasselbe nicht mit einem Wärmemesser (Pyrometer), wie solche schon sehr vollkommen dargestellt werden, versieht.

Solche Wärmemesser, welche die Firmen W. C. Heraeus in Hanau und Kaiser & Schmidt in Berlin herstellen, kommen auch besonders an Glühöfen mit bestem Erfolge zur Geltung. Von den in geschmolzenem Zustande zur Erwärmung des Stahles dienenden Metallen findet reines Weichblei ohne alle Zusätze die meiste Verwendung. Da Blei schon bei 335° Celsius schmilzt und dasselbe bis auf etwa 750° überhitzt werden muss, um die nöthige Härtetemperatur zu erzielen, so ist dasselbe an der Oberfläche starker Oxydation ausgesetzt, die Verluste durch Verdampfen sind sehr gross. Um die durch Oxydation (d. i. durch Verbindung des Bleies mit dem Sauerstoffe der Luft) entstehenden Verluste zu vermindern, bedeckt man die Oberfläche des geschmolzenen Metalles mit fein gepulverter Holz-

Digitized by Google

kohle etwa 1—2 cm hoch. Den bei der Einathmung sehr schädlichen Bleidampf führt man durch ein Abzugsrohr (Esse) ab. (In Fig. 25 und 26 angedeutet.)

Die Nachtheile, welche durch die Erwärmung des Stahles im geschmolzenen Blei neben ungleichmässiger Erwärmung oder Ueberhitzung entstehen können, sind noch folgende: Unreines, schwefelhaltiges Blei giebt einen Theil des Schwefels an den Stahl ab und es entstehen die früher beschriebenen Weichflecken daran. Man kocht daher zur Sicherheit frisches geschmolzenes Blei vor dem Gebrauche einige Stunden hindurch aus. Wenn Werkzeuge in geschmolzenem Blei erwärmt werden, so bleibt letzteres an einzelnen Stellen der Werkzeuge — in Ecken, an Zähnen, oder sonstigen Vertiefungen — leicht haften und verhindert an diesen Stellen eine Berührung der Härteflüssigkeit mit dem Werkzeuge; dasselbe bleibt stellenweise weich. Um dies zu vermeiden, reinigt man die Werkzeuge vor dem Härten in Benzin oder Alkohol von anhaftendem Oele und bestreicht dieselben mit einer Masse von teigartiger Beschaffenheit, welche man sich durch eine Mischung von

1 Volumentheil fein gepulverter Holzkohle (Lederkohle),
1 „ Roggenmehl,
1 „ Kochsalz

mit gesättigter Lösung von Kochsalz in Wasser, herstellt.

Die mit dieser Mischung bestrichenen Werkzeuge trocknet man sorgfältig und langsam, bevor man sie in das geschmolzene Blei taucht.

Die Methode des Erwärmens von Stahl in geschmolzenen Salzen ist wenig verbreitet, trotzdem dieselbe als eine der besten Methoden zu bezeichnen ist.

Soviel dem Verfasser bekannt ist, ist dieselbe durch ein Patent geschützt. Dort, wo dieselbe in Anwendung steht, schätzt man die grossen Vortheile, welche dadurch geboten werden.

Die Mischung der zu schmelzenden Salze ist keine absolut bestimmte und hängt hauptsächlich von der Zweckdienlichkeit ab. Lauter leicht schmelzbare Salze, welche, über den Schmelz-

Digitized by Google

punkt erhitzt, rasch verflüchtigen, sind natürlich ungeeignet, ebenso Salze, welche in Folge ihrer chemischen Zusammensetzung von schädlicher Einwirkung auf den darin erwärmten Stahl wären.

Der vorzüglichen Eignung und Billigkeit wegen bildet gewöhnliches Kochsalz den Hauptbestandtheil der Mischung. Um ein rascheres Schmelzen des Kochsalzes herbeizuführen, leitet man die Schmelzung durch eine geringe Menge leichter schmelzbarer Soda (kohlensaures Natron) ein, und erhöht die Leichtflüssigkeit der geschmolzenen Masse durch Zusatz von etwas Kalisalpeter. Ein Zusatz von chromsaurem Kali oder von Borax verbessert die Eigenschaften des Schmelzbades, ebenso ein Zusatz von gelbem Blutlaugensalz (Ferrocyankalium), welcher einer möglichen schädlichen Einwirkung des Salpeters durch Entkohlung des Stahles vorbeugt.

Das Schmelzen des Salzes wird in einem gusseisernen Tiegel vorgenommen, welcher in einem, in Fig. 25 und 26 abgebildeten Ofen eingemauert ist; hierbei wird folgender Vorgang eingehalten. Der Boden des Tiegels wird ca. 1 cm mit Soda festgestampft, darauf giebt man bis an den Tiegelrand Kochsalz und erhitzt solange, bis das ganze Salz geschmolzen ist. Nun fügt man der Schmelze nach und nach so viel Kochsalz zu, bis dieselbe den Tiegel genügend ausfüllt, hierauf etwa 5 Volumenprocent Kalisalpeter und 10—15 Prozent chromsaures Kali.

Gelbes Blutlaugensalz setzt man der Schmelze nach Bedarf in kleinen Stücken bei und zwar um so mehr, wenn man derselben eine stärker cementirende Wirkung geben will. Bei Anwendung von gelbem Blutlaugensalz ist jedoch zu beachten, dass die entwickelten Dämpfe sehr giftig sind und durch Anwendung eines Abzugscanals (Rohres) entfernt werden müssen.

In Bezug auf die Beschaffenheit der zu erwärmenden Gegenstände ist zu erwähnen, dass dieselben frei sein sollen von allen flüssigen Verunreinigungen — anhaftendes Oel oder flüssige Fette entfernt man vorher mittelst Benzin oder Alkohol — besonders zu vermeiden ist Wasser, welches beim Eintauchen

Digitized by Google

eines feuchten Gegenstandes leicht ein explosives Auswerfen der geschmolzenen Masse herbeiführt. Sehr kalte Gegenstände wärmt man vor dem Eintauchen in das Schmelzgut an.

Zum Einhalten der Gegenstände bedient man sich dünner Haken, an welchen man dieselben in die Masse hängt, oder benutzt zur Befestigung gewöhnlichen Eisendraht. Nur theilweise zu härtende Gegenstände hält man mit der Zange ein. Die Zange muss stets gut trocken sein.

Eine Ueberhitzung der Schmelze bei dieser Methode ist natürlich ebenfalls möglich, führt jedoch bald ein starkes Wallen und Ueberfliessen derselben herbei, ist also leichter zu vermeiden, als bei Anwendung des Bleies.

Eine ungleichmässige Erhitzung der Schmelze ist leichter möglich. Wenn man einen Stahlstab so in die Masse steckt, dass derselbe den Boden berührt, so kann man nach dem Grade der Erwärmung an verschiedenen Stellen desselben eine ungleichmässige Erwärmung feststellen, und den Ofengang darnach regeln.

Die Nachtheile, welche ein Klebenbleiben des geschmolzenen Bleies am Werkzeuge mit sich bringt, werden bei Anwendung der vorstehend beschriebenen Methode vermieden, weil der das Werkzeug bedeckende, in Fluss befindliche Salzüberzug beim Eintauchen in das Wasser sofort abspringt.

Die in geschmolzenem Salze erwärmten Werkzeuge behalten ihre metallisch reine Oberfläche auch nach dem Härten bei, vor dem Härten mit Oxydschicht bedeckte Gegenstände zeigen nach dem Härten reine, glatte Oberfläche, frei von allem Glühspahne. Wenn man der Salzschmelze nach und nach grössere Mengen von gelbem Blutlaugensalz zusetzt, so übt dasselbe bei der Erwärmung von Eisen und Stahl auch eine stark cementirende Wirkung aus, derart, dass sonst nicht härtbares Schmiedeeisen darin gehärtet, eine glasharte Oberfläche erhält und die Härte des Stahles an sich nicht unwesentlich erhöht wird.

Digitized by Google

Das Härten des Werkzeugstahles im Allgemeinen.

Unter Härten versteht man die rasche Abkühlung des auf deutlich sichtbare Rothgluth erwärmten Stahles zu einem niederen Temperaturgrade.

Vor Besprechung der Mittel, mittelst welcher die Abkühlung des zu härtenden Stahles vorgenommen werden kann, ist es nöthig, einiges über die Veränderungen, welche der Stahl beim Härten erleidet, anzuführen.

Wenn Stahl zum Härten erwärmt wird, so muss derselbe eine bestimmte Temperatur überschritten haben, wenn er nach der folgenden raschen Abkühlung Härte besitzen soll.

Die anzuwendende Härtetemperatur liegt für alle Stahlgattungen zwischen 700 und 800° Celsius; für harten Stahl näher der niederen, für weichen Stahl näher der höheren Temperatur.

Wenn man gehärteten Stahl nach und nach wieder zu höherer Temperatur erwärmt, so verliert derselbe immer mehr Härte, bis er bei Erreichung der nur im finsteren Raume sichtbaren dunklen Braunrothgluth alle Härte verloren hat.

Besitzt der so erwärmte Stahl eine metallisch reine Oberfläche, so bedeckt sich dieselbe bei der Erhitzung mit einem Häutchen von Eisenoxyd (Oxyduloxyd), welches bei den verschiedenen Graden der Erwärmung verschiedene Farben zeigt. Nach der, an der Oberfläche des Stahles erscheinenden Farbe — **Anlauffarbe** genannt — kann man auch den erzielten Temperaturgrad beurtheilen und ermessen, ob die Erwärmung gleichmässig erfolgte und zur Herbeiführung des erwünschten Härtegrades hoch genug war.

Die Anlauffarben erscheinen bei Stahl verschiedener Härte nicht bei genau gleicher Temperatur; deren Wahl hängt sonach auch von der Beschaffenheit des verwendeten Stahles ab, in erster Linie aber auch von der Höhe der Härte, welche man dem Stahl vorher gegeben hatte und von dem Verwendungszwecke des Werkzeuges.

Es ist allgemein üblich, die fertigen Werkzeuge vor dem Gebrauche **anzulassen,** um die Härte, (Sprödigkeit) in gehärtetem

Digitized by Google

Zustande zu mildern, und denselben jenen Grad von Zähigkeit zu geben, welcher nöthig ist, um ein Brechen der beanspruchten Theile beim Gebrauche zu vermeiden.

Für die Wahl der Anlauffarben können aus den vorangeführten Gründen nur ganz allgemeine Anhaltspunkte gegeben werden, welche aus der beigegebenen Tabelle zu ersehen sind.

Für das Erscheinen der Anlauffarben ist das Berühren der metallisch reinen Oberfläche des erhitzten Stahles mit der Luft Bedingung. An unreiner, z. B. mit Fett oder anderen Stoffen bedeckter Oberfläche des Stahles erscheinen keine sichtbaren Anlauffarben, ebensowenig an Stahl, welcher zum Anlassen in geschmolzenes Metall von bestimmter Temperatur getaucht wurde.

Die Veränderungen, welche der Stahl durch das Härten erleidet, werden der Hauptsache nach durch den Zustand, in welchem sich der Stahl vor dem Härten befand, herbeigeführt. Durch die rasche Abkühlung wird die bei der Erwärmung des Stahles gebildete Härtungskohle fixirt, gleichwie das Gefüge des Stahles in jenem Zustande, in welchem es sich zur Zeit des Härtens befand. Diese Fixirung erstreckt sich ausser auf Härtungskohle und Gefüge auch auf das Volumen (den Rauminhalt) des Stahles. Durch die Erwärmung des Stahles erfährt derselbe eine Ausdehnung (wie fast alle Metalle), er vergrössert sein Volumen nach bestimmten Dimensionen. Durch das Härten des Stahles, also durch die rasche Abkühlung in niedrigerer Temperatur wird demselben so schnell alle Wärme entzogen, dass die Härtungskohle keine Zeit findet, sich in die Carbidkohle (der Zustand des Kohlenstoffes im nicht gehärteten Stahle) zurückzuverwandeln.

Das Gefüge wird in einen Zustand der Starrheit versetzt, in welchem dasselbe der Veränderung der Form bedeutend höheren Widerstand entgegensetzt, als vorher und bei dessen Ueberwindung keine Verschiebung, sondern eine vollständige Trennung der Gefügetheile (Reissen, Brechen) herbeigeführt wird.

Der gehärtete Stahl kann sich nicht mehr zusammenziehen, er behält auch nach dem Härten noch jenes grössere Volumen, welches er im Zustande der Erwärmung besass. Bestimmte

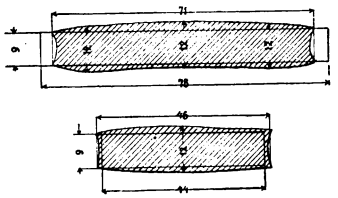
Digitized by Google

Dimensionen daran und zwar jene nach der Dicke, in geringerem Maasse nach der Breite, sind nach dem Härten grösser, die Länge des gehärteten Stahles wird geringer, als sie vor dem Härten war.

Diese Veränderungen der Abmessungen des Stahles sind practisch nur mittelst sehr genauer Messinstrumente festzustellen, unter gewissen Bedingungen werden dieselben jedoch so bedeutend, dass sie auch mit dem freien Auge wahrnehmbar sind. Dies kann man an Werkzeugstahl beobachten, welcher wiederholt gehärtet wurde, ohne dass man denselben vor dem jedesmaligen Härten ausglühte.

Wenn man ein Stückchen Flachstahl, etwa 40 mm breit, 10 mm dick und 80 bis 100 mm lang, oder eine rohe Fraiserscheibe ca. 70 mm rund und 12 bis 15 mm dick härtet, dann wieder in das Feuer bringt, vorsichtig zur Härtetemperatur erwärmt und abermals härtet, so werden nach 10- bis 20maliger Wiederholung dieser Operation die Volumensveränderungen, welche der Stahl erleidet, in sehr auffallender Weise kenntlich. Die Veränderungen werden um so grösser sein, je härter der Stahl war. Dieselben sind im Querschnitte in Fig. 27 abgebildet. Zum Versuche wurde eine Stahlplatte mit 1% Kohlenstoff von der Dimension 78 mm lang, 44 mm breit und 8 mm dick verwendet und die Härtung 51 Mal vorgenommen.

Fig. 27.



So bedeutende Veränderungen der Form könnten durch wiederholtes Härten keineswegs stattfinden, wenn der Stahl bei jedesmaliger Erhitzung vor dem Härten wieder seine ursprünglichen Abmessungen annehmen würde. Dies ist nur der Fall, wenn man den Stahl nach der Erhitzung langsam abkühlen lässt. Das einfache Erhitzen des Stahles vor dem Härten ist mit einer Glühung nicht gleichbedeutend, wenn der Erhitzung nicht auch langsame Abkühlung nachfolgt.

Die im Stahle vor dem Härten befindlichen Spannungen werden durch die einfache Erhitzung beim Härten nicht ent-

Digitized by Google

fernt, sondern nach dem Härten noch vermehrt bezw. erhöht. Dies sei hier besonders hervorgehoben, weil man der unrichtigen Anschauung, dass die Erwärmung vor dem Härten mit einer Glühung gleichbedeutend sei und diese Erwärmung zum Ausgleiche der in dem Stahle befindlichen Spannungen genüge, sehr oft begegnet. Wie in einem früheren Capitel erwähnt, erfährt der Stahl bei der Bearbeitung eine Veränderung im Gefüge, dasselbe wird um so dichter, je kräftiger die vorhergegangene Bearbeitung war und in je niedrigerer Temperatur dieselbe erfolgte; das Volumen des Stahles wird kleiner, das specifische Gewicht desselben grösser. Die Gefügetheile des Stahles stehen dann unter einem gleichen Einflusse, wie beim gehärteten Stahle, d. h. in einem Zustande der Starrheit, welcher durch das Härten stark vermehrt wird, wenn man den Stahl vor dem Härten nicht geglüht hatte. Die Gefahr für die Bildung von Härterissen wird daher durch die höhere Sprödigkeit des nicht geglühten Stahles vermehrt.

Die im Vorstehenden beschriebene Eigenschaft des Stahles, bestimmte Abmessungen bei unmittelbar aufeinanderfolgenden Härtungen anzunehmen, finden in der Praxis, z. B. an Zugringen, Verwerthung. Wenn die Ziehöffnung beim Gebrauche grösser geworden ist, so härtet man den Zugring, „ohne“ ihn vorher auszuglühen und erzielt dadurch eine neue Verengung derselben nach jedesmaliger Wiederholung dieses Vorganges. Wenn man Werkzeugstahl von gleichem Härtegrade in verschiedene Dimensionen, z. B. von rundem, oder quadratischem Querschnitte in den Abmessungen von ca. 15, 30 und 45 mm einkerbt, dann härtet, und an den gekerbten Stellen abbricht, so kann man an den Bruchflächen folgende Beobachtungen machen:

Der Stahl mit dem kleinsten Querschnitte wird durchaus gleichmässiges, feines Gefüge über den ganzen Bruch zeigen, wenn der zum Versuche verwendete Stahl mehr als ca. $^3/_4$ Procent Kohlenstoff enthält und die Erwärmung vor dem Härten eine den ganzen Stahl gleichmässig durchdringende war. Die Wärmeabgabe an die Härteflüssigkeit erfolgte aus dem Innern des Stahles rasch genug, um eine gleichmässige Härtung desselben durch den ganzen Querschnitt herbeizuführen.

Digitized by Google

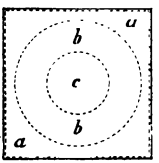
An dem Bruche des Stahles mit mittlerem Querschnitte wird man einen symmetrisch liegenden Kern von gröberem Gefüge wahrnehmen können, welcher ziemlich scharfe Grenzen zeigt. Die Härte des Kernes wird etwas geringer sein, als diejenige an der Oberfläche. Die Abgabe der Wärme aus dem Innern konnte nicht rasch genug erfolgen und ist die Härtung nicht so stark, als an der Oberfläche; das Gefüge bleibt daher ein gröberes.

Noch auffälliger ist diese Erscheinung am Bruche des Stahles mit dem grössten Querschnitte wahrnehmbar; das Innere des Stahles zeigt, nach der Mitte zunehmend, ein gröberes Gefüge und wesentlich geringere Härte als am äusseren Rande.

Die vorbeschriebene, selten genügend beachtete Erscheinung hat für die Praxis des Härtens die grösste Bedeutung, insbesondere in Bezug auf die Art der Abkühlung des zu härtenden Stahles, wenn man dieselbe in Zusammenhang bringt mit der Erscheinung, dass gehärteter Stahl sein Volumen vergrössert.

In Fig. 28 stellt die punktirte Linie den Querschnitt ungehärteten, die volle Linie den Querschnitt des gleichen gehärteten Stahles dar. Durch zwei concentrische Kreise ist die Fläche in drei Theile getheilt, in welcher *a* die Fläche grösster Härte, *b* jene geringerer, *c* die der geringsten Härte darstellt.

Fig. 28.



Wenn man sich die so gebildeten Zonen durch das ganze Stahlstück fortgesetzt denkt, so entstehen Räume, innerhalb welcher der Stahl annähernd gleicher Beschaffenheit ist, z. B.: Im Raume *a* erfuhr der Stahl die grösste Härtung, daher auch die stärkste bleibende Ausdehnung; im Raume *b* ist die Härtung, gleichwie die bleibende Ausdehnung geringer, der Stahl hat durch die langsamere Abkühlung das Bestreben, sich in dieser Zone etwas zusammenzuziehen. Im Raume *c* erfolgte die Wärmeabgabe noch langsamer, der Stahl hat die geringste Härte und das grösste Bestreben, den ursprünglichen Raum, welchen

Digitized by Google

er vor der Härtung besass, einzunehmen, d. h. sich zusammenzuziehen.

Denkt man sich den Stahl im Innern, statt in zwei, in unendlich viele solcher Zonen getheilt, so wird man die Vorstellung dafür gewinnen, dass jede Zone des Stahles, von der Oberfläche desselben angefangen, gegen die Mitte zu, im Bestreben, sich zusammenzuziehen, einen immer stärkeren Zug auf die aussen gelegenen Theile des Stahles ausübt.

Das Innere des Stahles wird auf das Zerreissen um so höher beansprucht, je grösser der Querschnitt ist und je stärker die Härtung war.

Wenn die in den einzelnen Theilen des Stahles entwickelte Zugkraft so gross ist, dass die Festigkeit desselben überwunden wird, so findet eine Verschiebung der Gefügetheile statt, der Stahl erleidet eine Dehnung, durch welche die Zugspannung aufgehoben oder vermindert wird. Je höhere Härte der Stahl besitzt, desto geringerer Dehnung ist derselbe fähig, um so früher entsteht eine Trennung der Gefügetheile, das Zerreissen desselben tritt ein.

Dieses Reissen des Stahles nimmt nicht immer an jenen Stellen, wo die grösste Zugspannung herrscht, seinen Anfang, sondern dort, wo derselbe den geringsten Grad von Dehnbarkeit und Zähigkeit besitzt. Im Allgemeinen ist dieses an den Ecken und Kanten, welche die höchste Härte besitzen, der Fall selten im Körper des Werkzeuges, dessen weicherer Kern bei starken Spannungen eine Dehnung erfährt, ohne zu reissen.

Die Zugspannungen im Innern des Stahles können jedoch so hohe sein, dass die höchste Dehnung, deren der minder harte Kern des Stahles fähig ist, überschritten wird.*) Die Bildung des Härterisses nimmt dann im Innern des Stahles ihren Anfang.

---

*) Wenn der Stahl im Innern gelegene Ungänzen, welche von Blasen oder vom Saugtrichter herrühren, besitzt, oder wenn derselbe in Folge von Saigerungen anderer chemischer Zusammensetzung ist, so erfolgt die Bildung von Härterissen aus dem Innern um so sicherer. Die Ursache hierfür — Fehler im Stahle — sind jedoch am Bruche deutlich sichtbar.

Digitized by Google

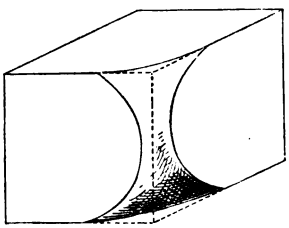
Während die von der Oberfläche oder nahe der Oberfläche des Stahles den Anfang nehmenden Härterisse meist schon in der Härteflüssigkeit entstehen und gleich nach dem erfolgten Härten sichtbar sind, entstehen Trennungen im Innern meist geraume Zeit nach dem Härten und führen, oft erst nach mehreren Tagen, zum Zerspringen des gehärteten Werkzeuges.

Das von Innen ausgehende Reissen des Stahles ist bei symmetrischem Querschnitte des Werkzeuges und bei grossen Dimensionen, ebensowohl wie bei Anwendung harten Stahles, häufig zu beobachten; weil bei symmetrischem Querschnitte die Mitte des Stahles von mehreren Seiten gleichzeitig auf hohen Zug beansprucht wird, und bei hartem Stahle die Spannungen besonders hoch sind, die Zähigkeit aber sehr gering ist.

Dünner Flachstahl, Profilstahl geringer Dicke u. s. w. wird weniger leicht im Innern reissen, als Rund- oder Quadratstahl, oder als Würfel und Kugeln.

Bei der Betrachtung des Bruches gehärteten Stahles im grösseren Querschnitte fällt es auf, dass ein schmalerer oder breiterer Rand ganz gleichförmig feinen Gefüges und gleicher Härte ziemlich unvermittelt in einen geschlossenen bogenförmig begrenzten Kern geringerer Härte und gröberen Gefüges übergeht. An der Grenze zwischen beiden bestehen die grössten, nahe der Oberfläche gelegenen Spannungen; der Stahl hat an dieser Grenze die geringste Zähigkeit und reisst nach dem Verlaufe der Grenze, also meist im Bogen. Die Ecken eines Würfels werden sich bei wiederholter Härtung desselben, bei sprödem oder durch Ueberhitzen spröde gewordenem Stahle, auch schon bei der ersten Härtung, wie in Fig. 29 abgebildet, abtrennen. Die Zähne von Fraisern trennen sich ebenfalls nach einer im Bogen verlaufenden Linie an der vorher bezeichneten Grenze ab. Die Bahn eines Hammers wie in Fig. 30 scizzirt.

Fig. 29.



Der Ueberschuss von Zugkraft bei der Entstehung von Härterissen

Digitized by Google

ist, besonders an hartem Stahle oft so gross, dass die Trümmer desselben beim Reissen mit grosser Kraft umhergeschleudert werden.

Fig. 30.

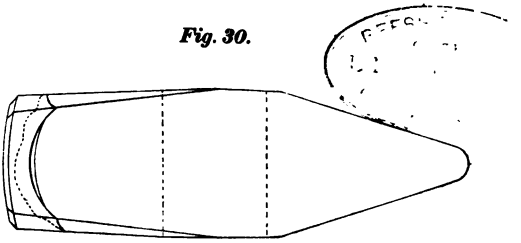


Fig. 31 zeigt einen runden Stahlstab aus besonders hartem Specialstahle, welcher „nach" dem Härten von Innen heraus zersprungen ist. Die Stärke des auf das Innere des Stahles ausgeübten Zuges ist aus der Verbiegung der beiden Hälften desselben zu ermessen.

Fig. 31.

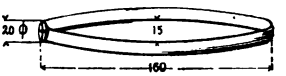


Fig. 32 zeigt einen Walzen-Fraiser, bei welchem die Ecken nach der vorerwähnten Bogenlinie während des Härtens abgesprungen sind.

Die vorbeschriebenen Kräfte sind an jedem gehärteten Werkzeuge thätig und führen auch bei Anwendung fehlerfreien Stahles tadelloser Qualität oft ein Zerspringen desselben herbei, wenn man fehlerhaft gehärtet hatte oder wenn man es verabsäumte, die Sprödigkeit des gehärteten Stahles durch „rechtzeitiges" Anlassen zu mildern.

Fig. 32.

Die vorher beschriebenen, beim Härten dem Querschnitte nach durch eine Vergrösserung der Dimensionen nach der Dicke und Breite entstehenden Zugspannungen werden stark beeinflusst durch die Spannungen, welche in Folge der Verkürzung des Stahles beim Härten entstehen.

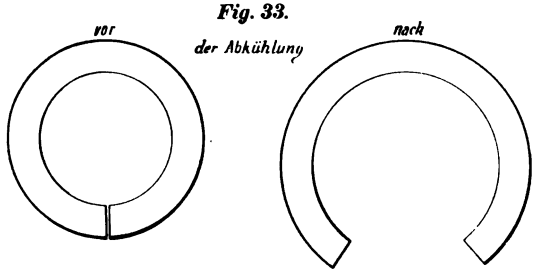
Man kann die Wirkung dieser Spannungen leicht verfolgen, wenn man sich vorstellt, dass beim Härten die äusserste gleichmässig gehärtete Schicht des Stahles eine „Verkürzung" erfahren hat, während der langsamer abkühlende Kern das Bestreben besitzt, sich „auszudehnen". Die Folge davon sind Zugspannungen, welche in der Schicht der grössten Härte am Stahle parallel zur Längsrichtung entstehen.

Digitized by Google

Diese Zugspannungen nach der Länge bewirken ein Verziehen des Stahles, wenn derselbe beim Härten nicht gleichmässig abgekühlt wurde. Wenn man einen flachen Stahlstab gleichmässig warm macht und ihn mit der schmalen Seite der Länge nach so in das Wasser taucht, dass derselbe etwa auf die halbe Breite abgekühlt wird, so erfährt er an dieser Seite bei der Abkühlung eine Verkürzung, während der aus dem Wasser ragende, nicht abgekühlte Theil des Stahles eine Ausdehnung erfährt. Die Folge dieser verschiedenartig wirkenden Kräfte ist ein sichelförmiges Krummziehen des Stahlstabes, wobei sich der gehärtete Theil nach Innen, der ungehärtete Theil nach Aussen wölbt.

Wenn man den Stahlstab zu einem nicht fest geschlossenen Ringe zusammenbiegt, glühend macht, und den Ring an der äusseren Seite rasch abkühlt, so wird sich dieselbe zusammenziehen, verkürzen, und das Oeffnen des Ringes herbeiführen. (Siehe Fig. 33.)

Fig. 33.



An Werkzeugen von ringförmigem Querschnitte, z. B. an Fraiserscheiben u. s. w. findet beim Härten eine Verkürzung dem Umfange nach statt, d. h., derselbe wird kleiner, während die inneren, weniger stark abgekühlten Schichten das Bestreben haben, sich auszudehnen. Die äussere, harte Schicht des Stahles liegt wie ein fester Ring auf den inneren Schichten, welche im Bestreben sich auszudehnen, auf das Zersprengen desselben wirken und dies thatsächlich auch oft herbeiführen. Die entstehenden Härterisse nehmen dann an der Oberfläche ihren

Digitized by Google

Anfang und setzen sich, einmal entstanden, in der Richtung auf den Mittelpunkt zu durch den ganzen Querschnitt fort.

Die Erkenntniss dieser Erscheinung lehrt, dass jede im Innern des Stahles auf schon abgekühlte Schichten wirkende Erwärmung das Bestreben der Ausdehnung derselben erhöht, und die Gefahr für das Reissen an der Oberfläche vermehrt; dasselbe kann sogar dadurch erst herbeigeführt werden.

Man beugt dem Reissen durch Erwärmung des eben gehärteten Stahles von Aussen vor, da hierdurch die äussere harte Schicht desselben zäher gemacht wird und der Formveränderung leichter folgen kann.*)

Das Härten von Werkzeugen, welche zur Gänze gehärtet werden sollen.

Aus dem Vorhergesagten geht hervor, dass die beim Härten des Stahles entstehenden und durch dasselbe fixirten Volumsveränderungen die unmittelbare Ursache für das Reissen sind. Durch das Anlassen, Zähermachen des Stahles können die Gefügetheile desselben den Formveränderungen zum Theile folgen, das Reissen wird vermieden. Dieses Zähermachen muss aber zu richtiger Zeit, eigentlich schon während des Härtens vorgenommen werden, gehört also zur Operation des Härtens.

In welcher Weise ein Misserfolg beim Härten durch das Anlassen verhindert werden kann, soll im Folgenden beschrieben werden:

*) Die vorstehenden Erläuterungen beziehen sich natürlich nur auf gut härtbaren Werkzeugstahl normaler Zusammensetzung. Wenig härtbarer Stahl erleidet bei der Erwärmung allerdings ebenfalls eine Volumsveränderung. Dieselbe wird aber beim Härten nicht fixirt, die Härtung dringt nicht tief genug, so dass die gehärtete Schicht den sich wieder ausdehnenden inneren Lagen folgt.

Mangan besitzt einen grossen Einfluss auf die Volumsveränderung des Stahles beim Härten und verhindert dieselbe unter bestimmten Bedingungen auch ganz. Noch gut härtbarer Flussstahl mit ca. 0.45 Procent Kohlenstoff und einem höheren Mangangehalte (0.8 bis 1.0 Procent) verändert seine Dimensionen beim Härten fast gar nicht.

Man benützt solchen Stahl daher oft zu Werkzeugen, welche nicht hoch beansprucht sind und beim Härten ihre Abmessungen nicht verändern dürfen.

Digitized by Google

Vor dem Härten soll sich der Härter vor Allem Rechenschaft ablegen, an welcher Stelle des Werkzeuges die Entstehung von Härterissen zu befürchten ist, und darnach jene Vorkehrungen treffen, welche zur Vermeidung der Risse dienen können.

Als allgemeine Regel kann angenommen werden, dass alle vorspringenden Theile am Werkzeuge, also alle Ecken, Kanten, Zähne u. s. w. dem Abspringen oder oberflächlicher Abtrennung unterworfen sein werden.

Das Reissen aus dem Innern ist bei massiven Werkzeugen von grossen Dimensionen zu befürchten.

Besitzen solche Werkzeuge an der Oberfläche ausserdem vorstehende Theile, wie z. B. grosse Gewindbohrer, Reibahlen, Fraiser u. s. w., so ist auch ein Abtrennen dieser Theile umsomehr zu befürchten, je grössere Dimension der massive Theil des Werkzeuges hat.

Durch das Anlassen des Stahles an der Oberfläche, wo derselbe die grösste Härte besitzt, erhalten die Gefügetheile desselben eine grössere Beweglichkeit, der Zustand höchster Starrheit wird aufgehoben. In Folge der hierdurch erzielten höheren Zähigkeit wird ein schalenförmiges Abtrennen der Theile an der Oberfläche des Werkzeuges vermieden, wenn das Anlassen zu einem Zeitpunkte geschah, wo die Abtrennung nicht schon erfolgt war.

Wie schon vorher erwähnt, erfolgt das Reissen des Stahles an oder in der Nähe der Oberfläche meist schon während der Abkühlung. Dasselbe wird um so leichter herbeigeführt, je härter der Stahl ist, je höher die Temperatur, in welcher derselbe gehärtet wurde und je kälter die Härteflüssigkeit war. Wenn man z. B. einen massiven Fraiser, welcher viele Zähne besitzt, im Wasser härtet und nur so lange abkühlt, bis sich derselbe unter Wasser mit der Hand anfassen lässt, so wird man an den Zähnen selten einen Härteriss wahrnehmen können. Bringt man denselben sofort wieder in das Härtebad und kühlt ihn weiter ab, so erfolgt das Abtrennen einzelner, manchmal auch aller Zähne sehr rasch und währt auch an dem vollkommen abgekühlten, aus dem Härtebade genommenen Fraiser

Digitized by Google

noch fort. Bei der Bildung der Härterisse an der Oberfläche entsteht ein eigenthümliches, klingendes Geräusch, welches erfahrenen Härtern sehr bekannt ist. Das Abspringen der Zähne an dem Fraiser erfolgte, weil die Abkühlung so lange fortgesetzt wurde, bis die äusserste härteste Schicht den höchsten Grad von Sprödigkeit und Härte erreicht hatte und die Wärmezufuhr aus dem Innern nicht mehr genügte, um dieselbe in einem Zustande grösserer Zähigkeit zu erhalten. Die Widerstandskraft gegen die mit der vorschreitenden Abkühlung stärker werdenden Zugspannungen sinkt und wird schliesslich überwunden.

Man vermeidet die oberflächliche, schalenförmige Abtrennung von Theilen am Werkzeuge, indem man die Abkühlung zu einem Zeitpunkte unterbricht, in welchem das Werkzeug bereits vollständig gehärtet, aber noch nicht ganz erkaltet ist. (Gebrochene Härtung.)

Wenn das nun dem langsamen Erkalten überlassene Werkzeug noch so viele Wärme in seinem Innern enthält, dass dadurch die Oberfläche hochgradig erhitzt wird, so kann dasselbe die erzielte Härte ganz verlieren, es wird weich.

Um dies zu verhindern, lässt man das theilweise abgekühlte Werkzeug nicht an der Luft erkalten, sondern bringt dasselbe in eine Flüssigkeit, welche demselben die Wärme weniger rasch entzieht, als die Härteflüssigkeit — meist in Oel oder geschmolzenen Talg, in welchem man dasselbe ruhig erkalten lässt. Dieser Arbeitsvorgang führt nicht immer sicher zum Ziele, man wendet daher dieses Verfahren des Anlassens in der Praxis nicht gern an, wenn man mit Sicherheit „hohe Härtegrade“ erhalten will.

Der höchste Härtegrad am Werkzeuge ist jedoch nur dann erreichbar, wenn man dasselbe beim Härten so vollständig abkühlt, dass von einem eigentlichen Ablassen aus dem Innern heraus nicht mehr die Rede sein kann.

Wie aus der auf Seite 20 eingeschalteten Tabelle ersichtlich ist, beginnt die blassgelbe Anlassfarbe erst bei einer Temperatur von 220° Celsius am erwärmten Stahle zu erscheinen. Das an der Oberfläche vollständig abgekühlte und

Digitized by Google

gehärtete Werkzeug kann daher ohne Bedenken bis in die Nähe der oben angegebenen Temperatur von „Aussen“ wieder erwärmt werden, ohne dass ein nennenswerther Verlust an Härte zu befürchten ist.

Durch diese Erwärmung von Aussen erhält die starre, harte Oberfläche des Werkzeuges etwas höhere Zähigkeit und kann der Volumensveränderung des Innern leichter folgen, ohne abzutrennen oder an Härte zu verlieren.

Practische Anwendung findet dieses Verfahren sehr häufig, indem der Härter das „fast“ vollständig erkaltete Werkzeug sofort wieder in das Härtefeuer bringt und gleichzeitig zu einem niederen Temperaturgrade erwärmt, bei welchem ein eigentliches Anlaufen noch nicht stattfinden kann. Das wieder erwärmte Werkzeug lässt man dann langsam erkalten. Das Erwärmen des Stahles im Härtefeuer erfordert jedoch grosse Geschicklichkeit, wenn dasselbe sehr gleichmässig erfolgen und die scharfen Ecken und Kanten daran schliesslich nicht zu hoch erwärmt werden sollen. Man zieht daher vor, das Werkzeug nicht im Härte- oder Schmiedefeuer, sondern in heissem Sande oder in heissem Wasser wieder zu erwärmen.

Zu diesem Zwecke erwärmt man den Sand in einem Gefässe so hoch, dass derselbe mit der Hand nicht mehr angegriffen werden kann, und dass kleine Mengen darauf geschütteten Wassers rasch verdampfen, ohne zu zischen. Das gehärtete Werkzeug bringt man zum geeigneten Zeitpunkte in den heissen Sand, umhüllt es mit demselben gleichmässig und lässt es darin erkalten. Sicherer zu handhaben ist mit Rücksicht auf die bei der Wiedererwärmung anzuwendende Temperatur die Anwendung erhitzten Wassers, indem man das „fast“ ganz abgekühlte Werkzeug rasch in kochendes oder hoch erhitztes Wasser bringt und darin erkalten lässt.

Wenn man das Werkzeug zu früh in das heisse Wasser gebracht hatte, also zu einem Zeitpunkte, wo im Innern desselben noch so viele Wärme aufgespeichert war, dass diese im Verein mit der von Aussen wirkenden Wärme genügen würde, um eine Verminderung der Härte herbeizuführen, so bringt man das Werkzeug nach einigen Minuten wieder in das Härte-

Digitized by Google

bad zurück, kühlt nochmals ab und lässt es schliesslich in heissem Wasser gänzlich erkalten.

Das vorbeschriebene Verfahren, Werkzeuge, welche zur Gänze gehärtet werden, gleich während des Härtens gegen ein mögliches Reissen von „Aussen“ oder von Innen durch theilweises Anlassen resp. Zähmachen zu schützen, ist beim Härten „aller“ Gattungen von Werkzeugen zu empfehlen, ohne Rücksicht auf die Form und Grösse derselben.

In einzelnen Fällen wird empfohlen, das gehärtete Werkzeug im Härtebade bis zum vollständigen Erkalten und geraume Zeit darüber hinaus liegen zu lassen. Der Zweck dieses Vorganges ist jener, Werkzeugen die höchst erzielbare Härte auch im Innern derselben unvermindert zu erhalten.

Man führt dann das Anlassen zur Erzielung einer grösseren Zähigkeit an der Oberfläche durch von Aussen zugeführte Wärme am vollständig erkalteten Werkzeuge aus.

Bei Anwendung dieses Arbeitsverfahrens riskirt man allerdings den Verlust des Werkzeuges. Die schalenförmige Abtrennung der Ecken und Kanten erfolgt dann nicht selten, bei Anwendung besonders zähen Stahles seltener das Reissen des Stückes von Innen aus. Practische Anwendung findet das vorbeschriebene Verfahren beim Härten von solchen Werkzeugen, welche unter besonders hohem Druck arbeiten, also beim Härten von Presswerkzeugen.

Grosse Werkzeuge, z. B. Walzen, oder Werkzeuge besonders complicirter Form, z. B. Hohlkörper, Rohre, können nach dem bei kleineren Werkzeugen üblichen Vorgange nicht gehärtet werden, ohne dass man einen Misserfolg zu befürchten hat. Die Abkühlung solcher Werkzeuge erfordert eigene Einrichtungen, deren eingehende Beschreibung bei der Anweisung zum Härten derselben in einem späteren Abschnitte erfolgt.

Das Härten von Werkzeugen, welche an der ganzen Oberfläche gleichmässig hart werden sollen, stellt an die Geschicklichkeit und Erfahrung des Härters die grössten Anforderungen und erfordert die besten Einrichtungen.

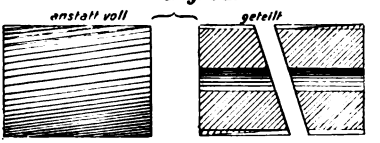
Es genügt aber in der Praxis nicht allein, sich vor dem Verluste eines Werkzeuges beim Härten dadurch zu schützen,

Digitized by Google

dass man die Erwärmung und Abkühlung in sachgemässer Weise vornimmt, um die Gefahr des Reissens zu vermindern, sondern es ist auch nöthig, dass der Constructeur des Werkzeuges den Einflüssen der beim Härten entstehenden, auf die Zerstörung des Werkzeuges gerichteten Kräfte Rechnung trägt.

In einzelnen Fällen muthet man dem Härter fast Unmögliches zu, indem man z. B. Fraisern die abenteuerlichsten Formen giebt, ohne zu beachten, dass die Gefahr für einen Verlust des Werkzeuges beim Härten mit der Grösse und der complicirten Form wächst, auch wenn die Härtung mit aller erdenklichen Vorsicht vorgenommen wurde. Man theilt, sofern dies die Verwendungsart des Werkzeuges gestattet, besonders grosse oder complicirte Formen in mehrere Abschnitte, welche zusammengesetzt das fertige Werkzeug ergeben, z. B. lange Planfraiser stellt man, wie in Fig. 34 dargestellt, aus mehreren

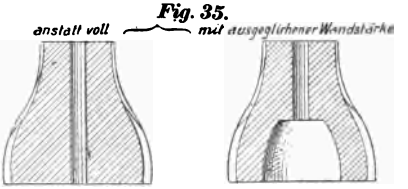
Fig. 34.



kurzen Stücken her. Die Schnittfläche legt man schräg zur Achse des Werkzeuges, damit die Fuge der Reinheit der Arbeit nicht abträglich ist.

Bei unregelmässig dicken Formen, wie in Fig. 35 scizzirt, vermindert man die Gefahr für das Reissen aus dem Innern

Fig. 35.

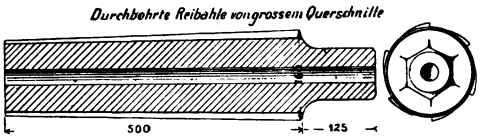


in Folge ungleichmässig rascher Abkühlung, indem man dem Werkzeuge durch Ausbohren möglichst gleichartige Wandstärke giebt. In anderen Fällen vermindert man die Zug-

Digitized by Google

spannungen im Innern des Werkzeuges bei symmetrischem Querschnitte, indem man dasselbe ausbohrt. Sehr grosse Gewindebohrer, Reibahlen u. s. w., welche nach dem Härten leicht von Innen reissen und in Folge der im Innern aufgespeicherten Wärme schwierig abzukühlen sind, durchbohrt man der Länge nach, wie in Fig. 36 dargestellt.

Fig. 36.



Die beim Härten entstehenden Zugspannungen fallen im vollen Werkzeuge in der Mitte zusammen; in hohl gebohrten Werkzeugen vertheilen sich dieselben auf den Umfang der Bohrung.

Es ist natürlich nicht möglich, alle in Betracht kommenden Fälle, in welchen durch oft ganz einfache Aenderung in der Form des Werkzeuges die Gefahr für einen Misserfolg beim Härten vermindert werden kann, aufzuzählen, es sei jedoch erwähnt, dass diese Fälle in der Praxis recht zahlreich sind.

Der Hauptsache nach soll man sich bei der Construction eines Werkzeuges darüber Rechenschaft geben, ob die Form desselben möglichst einfach ist, ob die vorspringenden Theile mit der Masse des Werkzeuges in günstiger Verbindung stehen, ferner, ob scharfe Ecken und Kanten thunlichst vermieden sind, und ob die Uebergänge verschiedener Querschnitte allmählich erfolgen.

Das Härten von Werkzeugen, welche nur zum Theile gehärtet werden sollen.

Die im Vorstehenden im Allgemeinen erörterte Härtung von Werkzeugen, welche eine durchaus gleichmässig harte Oberfläche besitzen sollen, bietet dem Hersteller von Werkzeugen die grössten Schwierigkeiten und erfordert bedeutende Geschicklichkeit und Erfahrung.

Digitized by Google

Die grössere Zahl der Werkzeuge wird jedoch nur theilweise gehärtet und zwar an jenen Stellen, welche beim Gebrauch starker Abnützung unterworfen sind, während man den übrigen Theil des Werkzeuges möglichst zähe erhalten will.

Die Theilhärtung der Werkzeuge kann der Hauptsache und der Natur der Werkzeuge nach in drei Gruppen getheilt werden, und zwar:

1. Die Erwärmung des Werkzeuges zum Härten kann in jedem Theile, welcher gehärtet werden soll, in dem Umfange erfolgen, welcher nöthig ist, um am Werkzeuge eine gleichmässig verlaufende Härte zu erzielen, und die Härtung kann auch dementsprechend vorgenommen werden, wie z. B. an Drehmessern, Handmeisseln, Schrotmeisseln u. s. w.
2. Die Erwärmung des theilweise zu härtenden Werkzeuges muss sich wegen der geringen Grösse oder der Form des Werkzeuges über den ganzen Umfang desselben erstrecken, die Härtung kann jedoch theilweise vorgenommen werden, wie z. B. an Hämmern, Schlägeln, Gesenken, Hammerkernen, kleinen Stempeln, kurzen und breiten Fraismessern u. s. w.
3. Das Werkzeug muss zur Gänze erwärmt und eingehärtet werden, um ein Verziehen, theilweises Reissen u. s. w. zu verhindern. Die Verminderung der Härte am nicht beanspruchten Theile des Werkzeuges erfolgt dann nach dem Härten durch Wiedererhitzung, z. B. wie an allen Gattungen von Messern, (Scheermessern, Holzhobelmessern, Papier- und Lederstanzmessern).

Die Beobachtungen in Bezug auf die Erwärmung des Stahles zum theilweisen Härten sind genau die gleichen, wie beim Erwärmen zur Gänze zu härtender Werkzeuge, d. h., der Stahl darf unter keinen Umständen zu hoch, oder an den zu härtenden Stellen ungleichmässig erwärmt werden.

Die Erwärmung hat also so zu geschehen, dass der zu härtende Theil gleichmässige Härtetemperatur zeigt, welche in nicht zu rascher Abstufung in dem nicht zu härtenden Theile des Werkzeuges verläuft.

Digitized by Google

Wenn das Werkzeug in eine dünne Schneide verläuft, so wird diese im Feuer zuerst warm und leicht überhitzt, bevor noch der weiter rückwärts gelegene Theil die nöthige Temperatur erlangt hat. In diesem Falle erwärmt man das Werkzeug zuerst hinter der Schneide zu dunkler Kirschröthe, darauf erst an der Schneide zur Härtetemperatur.

Werkzeuge, bei welchen der zu härtende Theil kleinen Querschnitt besitzt, welcher rasch und ziemlich unvermittelt in einen grösseren Querschnitt übergeht, wie z. B. an Stempeln, welche in Fig. 37 scizzirt sind, erwärmt man zuerst im dicken Theile *a*, bis dieser die richtige Härtetemperatur zeigt, und dann erst im dünneren Theile *b*.

Fig. 37.

Breite Schneiden können beim Erwärmen an den scharfen Ecken leicht überhitzt werden (beim Härten trennen dieselben nach bogenförmigen Rissen ab), wenn man sie vor der Ueberhitzung nicht durch zeitweises Abkühlen schützt.

Das Abkühlen geschieht durch Betupfen mit einem feuchten Lappen oder durch Bestreuen der Ecken mit einem trockenen Pulver, bestehend aus:

1 Volumentheil geröstetem Salze,
1 „ Klauenmehl,
1 „ Lederkohlenmehl,
1 „ Roggenmehl,

sobald dieselben höhere Temperatur zeigen, als der übrige Theil der Schneide.

Müssen Werkzeuge, welche theilweise gehärtet werden sollen, in Folge ihrer Form im Ganzen erwärmt werden, so soll dies derart geschehen, dass der zu härtende Theil zuletzt die geeignete Härtetemperatur erhält. Der nicht zu härtende Theil wird daher zuerst der höheren Temperatur im Feuer ausgesetzt. In Bezug auf die Abkühlung theilweise zu härtender Werkzeuge ist zu erwähnen, dass durch die Abkühlung niemals eine scharfe Grenze zwischen dem gehärteten und dem nicht gehärteten Theile entstehen darf, der Uebergang beider soll ein ganz allmählicher sein.

Digitized by Google

Wenn man einen Stahlstab zu ganz gleichmässiger Kirschröthe erwärmt und dann bis zu bestimmter Tiefe in Wasser taucht und abkühlt, so dass eine scharfe Grenze zwischen dem gehärteten und dem nicht gehärteten Theile entsteht, so wird beim Versuche, den Stab zu brechen, der Bruch um so sicherer an der Grenze des gehärteten Theiles erfolgen, je härter der verwendete Stahl war.

Die Zugspannungen an der scharfen Grenze des gehärteten Theiles sind gross genug, um so viel der vorhandenen Festigkeit zu beanspruchen, dass an derselben geringere Kraft nöthig ist, den Bruch herbeizuführen, als an anderen Stellen des Stahles. So gehärtete Werkzeuge brechen beim Gebrauche bald an der Grenze zwischen dem gehärteten und nicht gehärtetem Theile, wenn dies nicht schon in Folge eines Härterisses beim Härten geschah.

Einen allmählichen Verlauf der Härte erzielt man durch langsame Bewegung des Werkzeuges nach auf- und abwärts während der Abkühlung.

Sollen Werkzeuge mit einem allmählichen Uebergange des Gehärteten in das Ungehärtete bei rascher Abkühlung des ganzen Werkzeuges gehärtet werden, wie dies bei der Massenfabrikation manchmal erwünscht ist, so müssen die Einrichtungen zur Erwärmung natürlich mit solcher Sorgfalt getroffen werden, dass an keinem Theile des Werkzeuges schroffe Temperaturübergänge vorkommen, denn die theilweise Härtung führt bei schroffen Temperaturübergängen ebenfalls eine scharfe Grenze zwischen Gehärtetem und nicht Gehärtetem an dem Werkzeuge herbei.

Die Abkühlung der Werkzeuge beim Härten und die Einrichtungen dazu.

Die allgemeine Regel für die Abkühlung der Werkzeuge lautet genau so, wie jene beim Erwärmen derselben zum Härten und zwar:

„Die Abkühlung des glühenden Werkzeuges soll so „gleichmässig erfolgen, dass die Wärme dem zu härten„den Theile ganz gleichmässig entzogen wird.“

Digitized by Google

Diese Regel scheint sehr einfach, ist jedoch in der Praxis nicht immer leicht zu befolgen, denn schon beim einfachen Eintauchen des glühenden Werkzeuges in die Härteflüssigkeit erfolgt eine anfänglich ungleichmässige Abkühlung.

Beim Verweilen des Werkzeuges im Härtebade verdunstet die mit dem glühenden Werkzeuge in Berührung kommende Härteflüssigkeit und hüllt dasselbe, wo der entstehende Dampf nicht rasch genug entweichen kann, in eine Dampfschicht ein, welche die Annahme gleichmässiger Härte verhindert. Der zu härtende Gegenstand muss daher im Härtebade in steter Bewegung erhalten werden, damit derselbe mit immer frischen Schichten der Härteflüssigkeit in Berührung kommt und der entwickelte Dampf leichter entweichen kann. Durch diese Bewegung wird das glühende Werkzeug wechselweise mit einzelnen Seiten in energischere Berührung mit der Abkühlungsflüssigkeit gebracht und ebenfalls ungleichmässig abgekühlt. Die Folge davon ist dann das Verziehen der Werkzeuge oder das Reissen derselben. Wenn die zu härtenden Werkzeuge klein sind, so wird denselben die Wärme sehr rasch entzogen, die Ungleichmässigkeit der Abkühlung beim Eintauchen und Bewegen führt selten ein Verziehen oder Reissen derselben herbei.

Wenn besonders grosse und schwere Werkzeuge zu härten sind, oder solche, welche in Folge ihres Querschnittes leicht zum Verziehen neigen, so vermeidet man die Bewegung in der Härteflüssigkeit, indem man die ruhig liegenden Werkzeuge mit derselben umspült; man bewegt nicht das Werkzeug, sondern die Härteflüssigkeit. Die Bewegung der Härteflüssigkeit kann eine einfache sein, wenn dieselbe von einer Seite, und combinirt, wenn durch dieselbe die Flüssigkeit von mehreren Seiten gleichzeitig auf das zu härtende Werkzeug einwirkt.

Vor weiterer Erörterung der Beobachtungen beim eigentlichen Härten der Werkzeuge sei auf einen häufig zu beobachtenden, sehr wichtigen Umstand aufmerksam gemacht.

Es kommt vor, dass man mit aller Sorgfalt erwärmte Werkzeuge vor dem nun folgenden Härten einer ungleich-

Digitized by Google

mässigen Abkühlung aussetzt und die in ungleicher Temperatur befindlichen Werkzeuge dann härtet. Meist wird dies gar nicht beachtet und der schliessliche Misserfolg beim Härten ganz anderen Umständen zugeschoben.

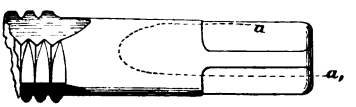
Eine ungleichmässige Abkühlung des Werkzeuges unmittelbar vor dem Härten kann schon durch scharfen Luftzug herbeigeführt werden. Man vermeidet solchen daher in der Nähe des Härtefeuers nach Möglichkeit. Wenn das glühende Werkzeug aus dem Ofen oder Feuer zum Härten gebracht wird, so kommt es häufig vor, dass dasselbe zum besseren Erfassen mit der Zange auf kalte Eisenplatten oder gar auf feuchte Unterlagen gelegt wird. Die dadurch herbeigeführte ungleichmässige Abkühlung ist oft die Ursache für die Entstehung von Härterissen.

Das Erfassen des glühenden Werkzeuges mit der kalten, oder vom vorhergehenden Härten selbst nassen Zange führt fast stets zur Bildung von Härterissen, besonders leicht an Werkzeugen geringeren Querschnittes, bei welchen die ungleichmässige Abkühlung sofort durch den ganzen Querschnitt durchgreift.

Man erwärmt solche Werkzeuge zum Härten daher am Besten, indem man dieselben mit der Zange erfasst und gleichzeitig mit dieser erwärmt. Wenn man dies nicht thun kann, so erwärmt man das Maul der Zange vor dem jeweiligen Erfassen eines glühenden Werkzeuges zu dunkler Gluth. Die Härterisse, welche durch ungleichmässige Abkühlung beim Erfassen mit der Zange entstehen, nehmen meist einen ganz regulären Verlauf; dieselben entstehen entweder in der Längsrichtung des Werkzeuges, oder kehren im Bogen gegen den Ausgangsort zurück. In Fig. 38 ist der Verlauf eines solchen Härterisses in punktirter Linie an einem Gewindebohrer dargestellt.

Fig. 38.

a a, Härteriss



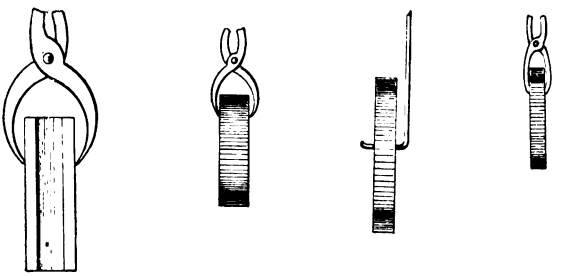
Wenn Werkzeuge, welche gehärtet werden sollen, mit der Zange erfasst und mit dieser in das Härtebad getaucht werden müssen, so ist darauf zu achten, dass das Maul der Zange mit

Digitized by Google

dem erfassten Gegenstande möglichst wenige Berührungspunkte hat, denn die von der Zange bedeckten Theile des Werkzeuges werden nicht rasch genug abgekühlt; die Härtung ist eine ungleichmässige, Härterisse nehmen an der von der Zange erfassten Stelle ihren Anfang. Man verwendet zum Erfassen der zu härtenden Werkzeuge Zangen, deren Maul in möglichst scharfe Spitzen oder Schneiden ausläuft. Werkzeuge, welche durchbohrt sind, nimmt man durch Haken auf, welche durch die Bohrung gesteckt sind.

In Fig. 39 ist ein mit einer richtig gewählten Zange erfasstes Walzendrehmesser, in Fig. 40 ein Fraiser, in Fig. 41 ein mit einem Eisenhaken erfasster Fraiser abgebildet, in Fig. 42 dagegen ein Fraiser, welcher mit einer zum Härten nicht geeigneten Zange erfasst ist.

Fig. 39. *Fig. 40.* *Fig. 41.* *Fig. 42.*



In manchen Fällen beabsichtigt man dünne, flache Werkzeuge dadurch theilweise zu härten, dass man die nicht zu härtenden Stellen an denselben vor dem Abkühlen mit Beilagen (Blechscheiben u. s. w.) bedeckt oder das Werkzeug wird mit Zangen erfasst, deren Maul entsprechend gestaltet ist und die Bedeckung herbeiführt.

Letztere Methode des theilweisen Härtens soll man jedoch nur bei ganz weichen Stahlgattungen anwenden, bei denen die Härteannahme eine mehr oberflächliche und weil das häufige Reissen und Verziehen der Werkzeuge eine Folge derselben ist. Wenn man dünne, flache Gegenstände erhitzt und an einzelnen Stellen bedeckt härtet, so entsteht nach dem Umfange

Digitized by Google

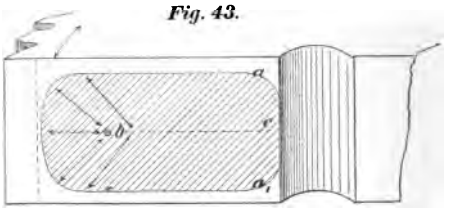
der Bedeckung eine scharfe Grenze zwischen dem bedeckten, also gar nicht oder nur schwach gehärteten und dem ganz gehärteten Theile. Je dicker man die Bedeckung wählt, desto schärfer fällt die Begrenzung aus. Um einen breiteren Uebergang aus dem ungehärteten in den gehärteten Theil zu schaffen, stellt man die Bedeckung so her, dass dieselbe gegen den Rand zu dünner wird und an demselben nicht sehr fest aufliegt.

Wo man den gleichen Zweck in anderer Weise als durch Härten bei theilweise bedeckten dünnen Werkzeugen erreichen kann, also z. B. durch Wiedererhitzen der weich gewünschten, gehärteten Theile, soll man Letzteres vorziehen.

An dicken Werkzeugen von symmetrischer Form wendet man eine ungleichmässige Härtung durch Bedecken einzelner Theile dann an, wenn man die entstehenden Härtespannungen vertheilen und nicht in einem Centrum zusammenlaufen lassen will, ferner, wenn man die sich beim Härten bildende Zone der grössten Härte auf eine möglichst geringe Ausdehnung beschränken will.

Fig. 43 stellt die Hälfte eines Fraisers dar, welcher ohne Bedeckung gehärtet wurde. Die äussere Zone, welche volle Härte angenommen hat, ist nicht schraffirt und durch eine Linie *a a* abgegrenzt. An dieser Linie hat der Stahl die geringste Festigkeit, das Abtrennen der Zähne beim Härten

Fig. 43.

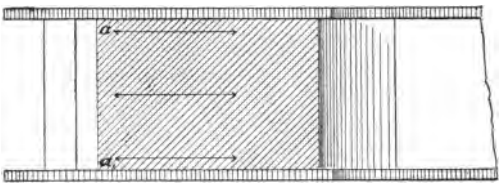


erfolgt nach derselben. Vom Punkte *b* und der Linie *c* wirken Zugspannungen radial nach Aussen. Wenn man den gleichen Fraiser an den Stirnflächen beim Härten vor zu rascher Wärmeabgabe durch Bedeckung mit Blechscheiben schützt, so wie in

Digitized by Google

Fig. 44 dargestellt, so wird die Abkühlung und Härtung so wie in beistehender Querschnittsscizze veranschaulicht, vor sich gehen. Die Linie *a a* zeigt den Verlauf der Grenze geringster Festigkeit.

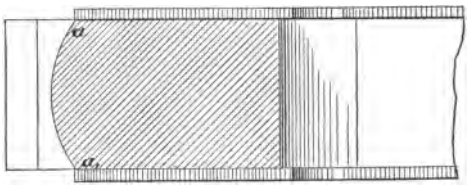
Fig. 44.



Die Zugspannungen vertheilen sich in paralleler Richtung und laufen nicht in einer Richtung zusammen, ein Abtrennen der Zähne nach dem Verlaufe derselben findet nicht mehr so leicht statt.*)

Vorbedingung für diese Art des Schutzes ist, dass die Bedeckung über die zu schützenden Stellen hervorragen muss. Würde dieselbe geringeren Umfang haben, etwa so, wie in Fig. 45 dargestellt, so würde damit das Gegentheil des Beab-

Fig. 45.



sichtigten herbeigeführt werden, da eine scharfe Grenze zwischen dem gehärteten und nicht gehärteten Theile des Werkzeuges herbeigeführt werden würde.

*) Ausser den erwähnten Spannungen nach dem Querschnitte, steht auch noch der ganze Umfang unter einer bedeutenden Spannung, welche aus der Verkürzung desselben beim Härten entsteht, und durch den Druck der inneren, weniger gehärteten Schichten auf die harte äussere Schicht entstehen.

Digitized by Google

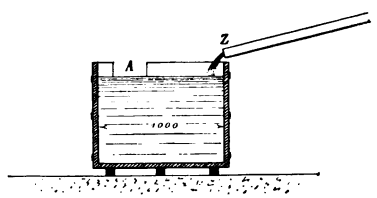
Die Anwendbarkeit dieser Methode ist natürlich sehr beschränkt und hängt ebensowohl von der Form des Werkzeuges, als der Ausdehnung der zu härtenden Fläche ab.

Dieselbe findet ausgedehntere Anwendung beim Härten von Walzen, welche aus sehr hartem Stahle hergestellt sind um die Gefahr für das Reissen derselben zu vermindern und beim Härten von solchen Maschinentheilen, welche an einzelnen Stellen der Oberfläche gegen rasche Abnützung hart sein sollen.

Die Abkühlung der Werkzeuge, welche in Folge ihrer Form oder Abmessungen zum Zwecke des Härtens ganz erwärmt werden müssen, soll stets in bewegter Abkühlungsflüssigkeit erfolgen, und zwar so, dass die zu härtende Fläche einem continuirlichen Strome der Härteflüssigkeit ausgesetzt wird.

In einfachster Art erfolgt dies beim Eintauchen eines glühenden Werkzeuges in fliessendes Wasser. Dasselbe wirkt jedoch nur seitlich gleichmässig, das Härten darin erfordert meist das Eintauchen des ganzen glühenden Werkzeuges, mithin eine Abkühlung — Härtung — auch jener Theile daran, deren Härtung nicht beabsichtigt ward. Das Härten in Wasser, welches in horizontaler Richtung fliesst, z. B. in Rinnen, Kanälen u. s. w., bietet in Bezug auf die Gleichmässigkeit der Abkühlung, besonders grösserer Flächen, keine nennenswerthen Vortheile. Der einzige Vortheil besteht in der relativ gleichmässigen, weil stets erneuten Temperatur des Wassers selbst. Dieselbe ist natürlich nicht absolut gleichmässig, sondern hängt bei frei fliessendem Wasser von der Jahreszeit ab. Man benützt fliessendes Wasser zum Härten, indem man den Zufluss des Wassers in ein Härtegefäss leitet und so regulirt, dass die Temperatur desselben auch bei fortgesetztem Härten gleich hoch bleibt. Fig. 46 stellt die dazu nöthige einfache Einrichtung dar. Bei *Z* fliesst das Wasser zu, bei *A* ist mittelst Einschnitte in den Rand des als Härtegefäss dienenden Fasses ein Abfluss hergestellt.

Fig. 46.

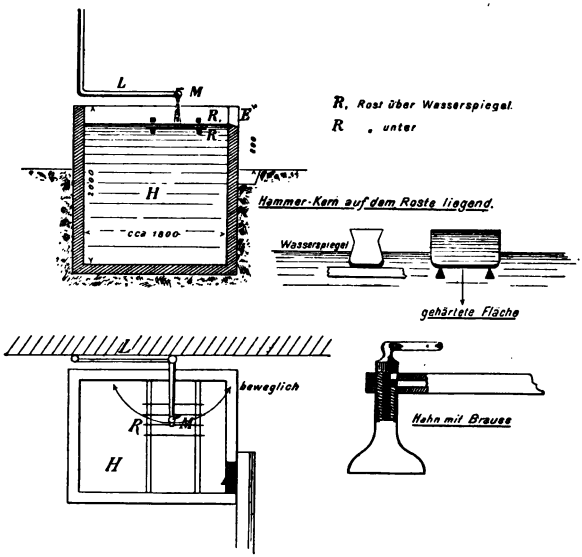


Digitized by Google

Für die Härtung von Werkzeugen bietet die Benützung des frei „fallenden“ Wassers besondere Vortheile, weil es möglich ist, demselben nur jene Theile des glühenden Werkzeuges auszusetzen, welche gehärtet werden sollen. Der Vorgang beim Härten mittelst frei fallenden Wassers oder Wasserstrahles ist sehr einfach, da man nur die Fläche des zu härtenden Werkzeuges solange der Einwirkung des Wasserstrahles auszusetzen braucht, bis dasselbe vollkommen erkaltet ist. Die Beobachtungen bei diesem Vorgange beschränken sich darauf, dass jeder Theil der zu härtenden Fläche ganz gleichmässig vom Wasserstrahle getroffen werde. Durch das Herumführen der zu härtenden Fläche unter dem Wasserstrahle, falls dieser zur gleichmässigen Bedeckung nicht genügt, kann ein Ausgleich herbeigeführt werden, doch wird die Gefahr für fehlerhafte Härtung nicht ganz abgewendet.

Zur Härtung unter frei fallendem Wasser dient folgende, in Fig. 47 dargestellte Einrichtung, wenn genügender Wasser-

Fig. 47.



zufluss vorhanden ist. Das Wasser wird zu dem, als Härtegefäss dienenden eisernen, hölzernen oder gemauerten Bottich

Digitized by Google

H mittelst Leitung *L* geführt, der Einschnitt *E* dient als Abfluss für das überschüssige Härtewasser, auch dazu, dieses in gleicher Höhe zu erhalten.

An der Leitung *L* ist ein Hahn angebracht, dessen Ausströmöffnung mit einem Gewinde zum Anschrauben einer Brause versehen ist. (Siehe Scizze bei Fig. 47.) Die Brause gelangt zur Verwendung, wenn man eine Vertheilung des dem Hahne *M* entströmenden Wassers über eine grössere Fläche beabsichtigt. Natürlich muss das Wasser bei Anwendung der Brause unter einem gewissen Drucke zuströmen. Das theilweise zu härtende Werkzeug wird auf einen unterhalb des Hahnes *M* angeordneten Rost *R* gelegt, der Hahn geöffnet und die Abkühlung so lange fortgesetzt, bis das Werkzeug ganz erkaltet ist. In vielen Fällen, besonders dann, wenn sehr harter Stahl unter dem Wasserstrahle gehärtet wird, soll man die beim Härten entstehenden Spannungen etwas ausgleichen. Zu diesem Zwecke lässt man das Werkzeug unter dem Wasserstrahl nicht ganz erkalten, sondern unterbricht die Härtung im geeigneten Augenblicke und legt das Werkzeug mit der gehärteten Seite nach unten auf einen etwas unter die Oberfläche des Wassers reichenden Rost, auf welchem dasselbe vollständig erkalten gelassen wird. Das an der Seite stets frisch zulaufende Wasser verhindert ein Anlaufen der harten Fläche. (Siehe Scizze bei Fig. 47.) Der Hahn *M* soll so angeordnet sein, dass derselbe bis in die Mitte des Härtebottichs reicht. Derselbe stört bei der Nichtbenützung nicht, wenn er beweglich ist und zur Seite geklappt werden kann.

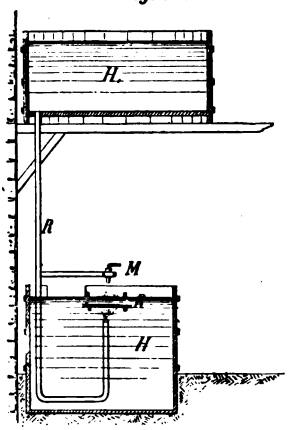
Wenn eine Wasserleitung oder sonst zufliessendes Wasser nicht zur Verfügung steht, kann man sich mit der in Fig. 48 scizzirten Anordnung behelfen. Dieselbe kommt natürlich nur für fallweises Härten unter dem Wasserstrahle in Betracht, oder wenn bei Mangel unter Druck zuströmenden Wassers die Härtung im aufsteigenden Wasserstrahle erfolgen soll.

Die in Fig. 48 scizzirte, sehr einfache Vorrichtung besteht in der Anordnung zweier Gefässe *HH*, über einander. Vom oberen Gefässe *H*, führt ein Abflussrohr *R* das Wasser dem Hahne *M* zu. Das in der gleichen Scizze dargestellte Rohr *R*,

Digitized by Google

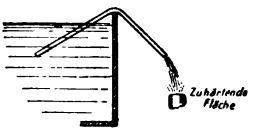
welches bis an den Boden des Gefässes *H* reicht und dann nach aufwärts gebogen ist, dient zur Herbeiführung eines aufsteigenden Wasserstrahles. Wenn das Härten unter dem Wasserstrahle vorgenommen werden soll, und es steht weder Wasserleitung noch sonst eine Einrichtung zur Herbeiführung eines Wasserstrahles zur Verfügung, so kann ein durch gleichmässiges Zugiessen voll erhaltener Trichter benützt werden. Bequemer ist die Benützung eines Hebers, welchen man aus einem Stücke Gasrohr durch Biegen herstellt. Beim Gebrauche füllt man denselben mit Wasser und bringt ihn dann in die Stellung wie in Fig. 49 scizzirt. Das durch den Heber mit nur geringer Kraft ausströmende Wasser kann natürlich nur zum Härten kleiner Flächen, z. B. an Döppern, Hammerbahnen u. s. w., verwendet werden.

Fig. 48.



Die Härtung im aufsteigenden Wasserstrahle wird mit der gleichen Absicht vorgenommen, wie jene im fallenden Wasserstrahle und letzterer vorgezogen, wenn die Form des Werkzeuges, bezw. der zu härtenden Fläche, dies gestattet.

Fig. 49.



Die gleichzeitige Anwendung des fallenden und aufsteigenden Wasserstrahles erfolgt beim Härten solcher Werkzeuge, welche an zwei gegenüberliegenden Seiten gleiche Härte besitzen sollen und welche in Folge ihrer geringen Länge an dem einen Ende nicht separat erwärmt werden können, ohne das andere Ende gleich mit zu erhitzen, wie Spurzapfen, kurze Hämmer, Schlägel u. s. w.

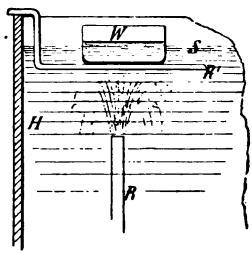
Während die Flächenhärtung mittelst fallenden Wasserstrahles an Werkzeugen unter allen Umständen, also bei jeder beliebigen Form vorgenommen werden kann, — in einzelnen Fällen sogar vorgenommen werden muss — hängt die An-

Digitized by Google

wendbarkeit der Härtung im aufsteigenden Wasserstrahle von der Form der zu härtenden Fläche ab.

Wenn die zu härtende Fläche eben ist oder Erhöhungen besitzt, oder sonstwie ausgebaucht ist, so kann die Härtung ebensowohl im aufsteigenden, wie im fallenden Wasserstrahle vorgenommen werden. Der grösseren erzielbaren Gleichmässigkeit der Härte wegen zieht man die Härtung im aufsteigenden Wasserstrahle vor. Enthält die zu härtende Fläche Vertiefungen, oder ist dieselbe nach Innen zu gewölbt, so kann nur die Härtung im fallenden Wasserstrahle in Betracht kommen. Die bei Abkühlung des Wassers in steigendem Wasserstrahle in den Vertiefungen entstehenden Wasserdämpfe können nicht sofort entweichen und verhindern in Folge steter Neubildung eine Berührung des Wassers mit dem Stahle, so dass eine Härtung gar nicht erfolgt. Die zu härtenden Vertiefungen bleiben weich. Die Einrichtung für das Härten im aufsteigenden Wasserstrahle ist in Fig. 50 scizzirt. Das Zuflussrohr *R* befindet sich im Härtegefässe *H* und führt das Wasser in aufsteigender Richtung zu. Das Zuflussrohr mündet unterhalb des Wasserspiegels und das ausströmende Wasser nimmt die umgebenden Wassermengen mit und führt dieselben der zu härtenden Fläche entgegen. Am Härtegefässe wird zur Auflagerung des zu härtenden Werkzeuges *W* ein unter die Oberfläche des Wassers reichender Rost *R* angebracht. (Siehe Fig. 50.) Wenn die Auflagerung auf einem Roste nicht statthaft ist, weil man ein Weichbleiben der zu härtenden Fläche an der Berührungsstelle mit demselben zu befürchten hat, so muss das Werkzeug mittelst Zange *Z* erfasst und frei aufgehängt werden. (Etwa so, wie bei Fig. 51 scizzirt.) Das zu härtende Werkzeug bleibt bis zum Erkalten dem aufsteigenden Wasser ausgesetzt und wird beim Härten natürlich nur so tief eingetaucht, als es nöthig ist, um eine genügende Tiefe der zu härtenden Schicht zu erzielen; je kräftiger das Wasser zuströmt, um so besser fällt die Härtung aus.

Fig. 50.



Digitized by Google

Zur Härtung von Werkzeugen, welche im ganzen Umfange gehärtet werden sollen, und so grosse Abmessung haben, dass eine gleichmässige Abkühlung durch Bewegen derselben im Härtewasser nicht mehr möglich ist, z. B. bei Walzen, sind besondere Einrichtungen nöthig, um die Härteflüssigkeit von allen Seiten gleichmässig an das zu härtende Werkzeug heranzubringen.

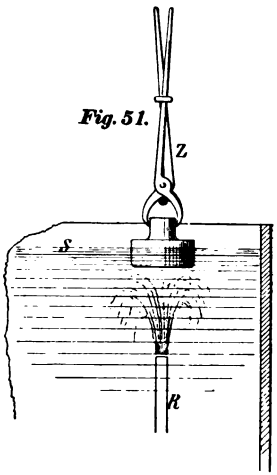


Fig. 51.

Eine kurze Beschreibung solcher Einrichtungen beim Härten von Kugeln und Walzen ist im Anhang unter 31 und 32 angegeben.

Die Härtung mittelst Strahles kann auch dann angewendet werden, wenn man die Härtung, wie dies an manchen Fabrikationsstellen üblich ist, nicht in reinem Wasser vornimmt, sondern in einem grösseren Behälter, welcher mit Salzen oder Säuren versetztes Wasser in solchen Mengen enthält, dass darin reichliche Mengen von Werkzeugen gehärtet werden können, ohne dass die Temperatur desselben wesentlich erhöht wird. Es sind dann allerdings eigene kleine Pumpwerke nöthig (diese können bei fallweisem Gebrauche mit der Hand betrieben werden, bei continuirlichem Gebrauche ist Kraftbetrieb erforderlich), dieselben besitzen aber den Vortheil, die unteren kühlen Schichten des Härtebades an die Oberfläche zu bringen und die Temperatur desselben etwas auszugleichen.

Hohlkörper, welche Innen oder Innen und Aussen gehärtet werden sollen, erfordern eigene Einrichtungen, damit die Abkühlung erfolgen kann, ohne dass die Dampfentwickelung eine ungleichmässige Härtung herbeiführt.

Solche Einrichtungen wurden von Lorenz in Karlsruhe zuerst hergestellt und stehen vielfach im Gebrauche.

Wenn Werkzeuge zur Gänze durchbohrt, bezw. hohl sind so führt man die Abkühlung im Innern durch Durchleiten eines kräftigen Wasserstrahles herbei. Ist das Werkzeug auch

Digitized by Google

an der Oberfläche zu härten, so muss diese durch gleichzeitig wirkenden Wasserstrahl gekühlt werden.

Fig. 52.

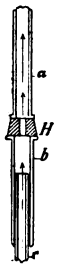
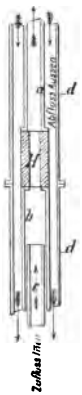


Fig. 53.

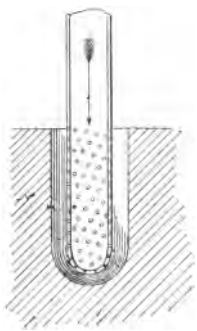


In Fig. 52 ist die Härtung durch Wasserstrahl im Innern, in Fig. 53 die Härtung von Aussen und Innen schematisch dargestellt. Die Einrichtungen hierzu erfordern kleine maschinelle Anlagen.

Der Hohlkörper *H* wird zwischen zwei Rohre *a b* Fig. 52 gebracht; das Rohr *b* ist am Rohre *c* beweglich angebracht, so dass der Hohlkörper *H* dazwischen fest eingeklemmt werden kann. Gleichzeitig wird ein Zuflusshahn geöffnet, durch welchen das unter hohem Druck stehende Wasser eindringt und im Durchströmen die Wandungen des Hohlkörpers härtet.

In Fig. 53 ist der Hohlkörper auch von Aussen mit einem beweglichen Rohre *d* umgeben. Das Wasser strömt bei Schliessen derselben zwischen den Rohren *b c* und *d* durch, die Oberfläche und das Innere des Hohlkörpers härtend. Eine Abkühlung der Oberfläche kann auch ohne umgebendes Rohr durch direct wirkende Brausen erzielt werden.

Fig. 54.



Hohlkörper, welche nicht ganz durchbrochen sind, sind im Innern um so schwieriger zu härten, je enger und je tiefer die Oeffnung ist.

Man führt die Härtung dann durch directes Einleiten eines möglichst kräftigen Wasserstrahles herbei. Gestattet die Grösse der Oeffnung die Einführung eines Rohres, welches am Ende entsprechend der Tiefe mit zahlreichen Löchern versehen ist, so erzielt man bei kräftigem Drucke des Wassers leicht gleichmässige Härte (Fig. 54).

Digitized by Google

Die zur Ablöschung des Stahles dienenden Abkühlungsflüssigkeiten.

1. Reines Wasser.

Reines Wasser dient in den meisten Fällen zum Ablöschen des glühenden Stahles beim Härten. Je kälter dasselbe ist, um so intensiver fällt die Härtung aus, je wärmer dasselbe ist, um so geringer wird die erzielte Härte.

Die geeignetste Temperatur des Härtewassers liegt zwischen 16 und 22° Celsius. Kälteres Wasser erhöht die Härte des Stahles nicht bedeutend, vermindert aber die Zähigkeit desselben; er wird sehr spröde.

Als Regel für den Temperaturgrad des Härtewassers kann angenommen werden, dass derselbe um so niedriger sein muss, je grösseren Querschnitt die zu härtenden Werkzeuge haben. Man wird für grosse Werkzeuge eine Temperatur nicht über 18° Celsius in Anwendung bringen; kleinere Werkzeuge, besonders solche, welche dünn sind, nehmen auch bei einer Temperatur des Härtewassers von 30—35° Celsius noch genügende Härte an. Die Temperatur des Härtebades wählt man nach Grösse und Form des zu härtenden Werkzeuges und nach dem erwünschten Härtegrade.

Chemisch reines Wassers, welches nicht auch noch andere Stoffe enthält, giebt es in der Natur nicht, dasselbe ist vielmehr in seiner chemischen Zusammensetzung sehr verschieden und enthält mineralische, nicht lösliche Stoffe in feinster Vertheilung oder gelöste Salze und Säuren.

Viele Salze und Säuren erhöhen die Wärmeleistungsfähigkeit des Wassers, führen also eine schärfere Härtung herbei, während Erden oder mineralische Stoffe im Wasser gegentheilig wirken. Deshalb härtet reines Quell- oder Brunnenwasser, welches meist Säuren oder kohlensaure Salze gelöst enthält, schärfer als Flusswasser (besonders, wenn dieses trübe ist) oder als kalkhaltiges Wasser.

Um zu scharf härtendes Brunnen- oder Quellwasser milder zu machen, löst man in demselben etwas Soda oder Pottasche; um ungenügend härtendem Flusswasser bessere Härtungs-

Digitized by Google

fähigkeit zu geben, mischt man dasselbe mit Säuren (Salzsäure, Schwefelsäure, Essig u. s. w.) in geringen Mengen. Erfahrene Härter schätzen die günstige Einwirkung längere Zeit hindurch gebrauchten Härtewassers und erneuern dasselbe sehr ungern, weil es besser wird, d. h., weil es gut und milde härtet. Die Ursache hierfür ist darin zu suchen, dass sich fein vertheilte, also nicht gelöste Beimengungen nach und nach von selbst abscheiden und zu Boden sinken, während lösliche Beimengungen durch die Einwirkung des glühenden Stahles nach und nach entfernt werden und zwar ebensowohl durch Verdampfung, als durch Umwandlung in unlösliche Stoffe, welche sich auf der Oberfläche des Stahles zum Theil niederschlagen. Das längere Zeit hindurch gebrauchte Härtewasser kommt schliesslich in einen Zustand, in welchem die unbeabsichtigten Beimengungen wirkungslos werden; die Härtung darin ergiebt stets gleichmässige Resultate.

Wenn man diesen Zustand vom Anfange an herbeiführen will, so kocht man das Härtewasser vor dem Gebrauche und lässt es ruhig erkalten oder man sterilisirt es gewissermassen durch Ablöschen grösserer Mengen glühender Eisentheile darin.

2. *Mit löslichen Bestandtheilen vermengtes Härtewasser.*

Wie vorher erwähnt, sind lösliche Beimengungen auf die Wirkung des Härtewassers von grossem Einflusse. Die Wirkung derselben ist eine verschärfende, wenn die Wärmeleitungsfähigkeit des Wassers dadurch erhöht wird, und eine abschwächende, verzögernde, wenn dieselbe erniedrigt oder der Siedepunkt wesentlich herabgesetzt wird.

Die gebräuchlichste lösliche Beimengung zur Erhöhung der Wärmeleitungsfähigkeit ist Kochsalz. Man löst dasselbe in verschiedenen Gewichtsverhältnissen, meist verwendet man eine gesättigte Kochsalzlösung als Abkühlungsflüssigkeit. Gesättigte Kochsalzlösung ist überall da zu empfehlen, wo Werkzeuge complicirter Formen, welche hohe Härte besitzen sollen, in grösserer Zahl oder in öfterer Reihenfolge zu härten sind. Bei Anwendung solcher Abkühlungflüssigkeiten ist zu beachten, dass die Menge derselben gross genug sein muss, um eine

Digitized by Google

wesentliche Temperaturerhöhung bei anhaltendem Härten nicht zu erfahren. Man wählt daher möglichst grosse Gefässe zur Aufnahme derselben. Es ist richtiger, diese Gefässe weniger tief und von grösserem Durchmesser, als enge und tief herzustellen.

Soda (kohlensaures Natron) und Salmiak führen in Lösung mit Wasser keine so stark verschärfende Wirkung herbei, als Kochsalz, dieselben sind auch seltener angewendet, trotzdem sie als ganz vorzügliche Beimengungen zum Härtewasser dienen können. Besonders complicirte Werkzeuge, an welchen die oberflächliche Abtrennung einzelner Theile zu befürchten ist (z. B. an complicirten Fraisern), können mit Vortheil in Soda- oder Salmiaklösung gehärtet werden.

Säuren verschärfen die Wirkung des Härtewassers ganz besonders und in viel höherem Grade als Kochsalz. Dieselben werden dem Härtewasser in Mengen bis zu 2 Procent beigemengt, manchmal auch in Verbindung mit Salzen. Organische Säuren (Essigsäure, Citronensäure) sind von milderer Wirkung als mineralische Säuren (Salzsäure, Salpeter- und Schwefelsäure).

Zur Anwendung gelangt saures Wasser, wenn Werkzeuge die höchste erzielbare Härte besitzen sollen (Schneidstähle auf besonders harte Gegenstände) oder wenn man nur wenig härtbarem Stahle eine genügend harte Oberfläche geben will.

Alkohol erniedrigt den Siedepunkt des Wassers und ruft eine so energische Verdampfung desselben bei der Berührung mit dem glühenden Werkzeuge hervor, dass die Härtung (je nach dem Mischungsverkältnisse) stark verzögert wird; stark alkoholhaltiges Wasser härtet gar nicht.

Seife. Seifenwasser führt keine Härtung am Stahle herbei; diese Eigenschaft benützt man zur raschen Abkühlung des Stahles, wenn derselbe durch die Abkühlung nicht genügend gehärtet werden soll. Wenn an ganz gehärteten Werkzeugen einzelne Theile weich gemacht werden sollen, so werden diese Theile zur Rothgluth erwärmt und im Seifenwasser abgekühlt. (Angeln an Feilen, Messern, Säbeln, Sägen u. s. w.)

Lösliche Beimengungen organischer Natur verzögern, je nach dem Mengungsverhältnisse, die Härtung, mildern also die

Digitized by Google

Wirkung reinen Wassers. Practische Anwendungen finden dieselben nur selten und in geringem Umfange, z. B. Milch, saures Bier u. s. w.

3. Mit unlöslichen Bestandtheilen vermengtes Härtewasser wird häufig zum Härten besonders complicirter Werkzeuge, welche man gegen Härterisse schützen will, verwendet. Zur Herstellung solchen Härtewassers wird vornehmlich Kalk in der Form von Kalkmilch verwendet, seltener Thon oder Lehm. Je nach dem Mischungsverhältnisse ist die Wirkung eine mehr oder minder verzögernde. Die gut verrührte und im Zustande der feinsten Vertheilung befindliche Beimengung schlägt beim Eintauchen glühenden Stahles auf diesen nieder und bildet eine dünne Schicht, welche die directe Berührung mit dem Härtewasser verhindert. Die Abkühlung erfolgt langsamer, die Härtung fällt in Folge der Verzögerung weniger intensiv aus.

4. Mit Oelen oder Fetten vermengtes Härtewasser.

Oele und Fette härten bedeutend weniger intensiv, als Wasser. Die dadurch herbeigeführte Härte ist um so geringer, je grösser der Querschnitt des gehärteten Werkzeuges ist und je dickflüssigeres Oel oder Fett verwendet wird.

Wenn man Werkzeugen eine höhere Härte geben will, als dies durch Oel oder Fett allein möglich ist, so bedeckt man die Oberfläche des Wassers mit einer Fett- oder Oelschicht, durch welche hindurch das zu härtende Werkzeug in das unterhalb befindliche Wasser getaucht wird. Das Werkzeug wird hierbei anfänglich weniger scharf abgekühlt und überzieht sich mit einer, durch die Hitze zähe gewordenen Fettschicht, welche beim weiteren Abkühlen im Wasser verzögernd wirkt. Je höher die auf dem Wasser befindliche Fettschicht ist, und je langsamer das Werkzeug durch dieselbe geführt wird, desto niedriger ist die erzielte Härte. Die Anwendung von mit Oel oder Fett bedecktem Wasser zum Härten erfordert bei Schneidwerkzeugen, welche gute Schneidhaltigkeit auf harten Materialien besitzen sollen, grosse Geschicklichkeit und Erfahrung,

Digitized by Google

wenn der Erfolg ein gleichmässig guter sein soll. Bei solchen zur Gänze zu härtenden Werkzeugen ist die Verwendung von Kalkmilch oder die auf Seite 70 beschriebene Art der Härtung vorzuziehen. Dagegen können Werkzeuge, welche eine mehr zähe Härte besitzen müssen, z. B. complicirte Fraiser auf Holz, Tellermesser, Circularscheermesser u. s. w. mit Vortheil in mit einer Oelschicht bedecktem Wasser gehärtet werden.

5. *Oele und Fette*

besitzen, je nach der Consistenz, wie vorher erwähnt, geringere Härtekraft als Wasser. Die durch Oel oder Fette herbeigeführte Härte ist milde bei grosser Zähigkeit.

Dünne Werkzeuge, welche beim Härten dem Reissen leicht ausgesetzt sind, und bei welchen nicht die höchste erzielbare Härte verlangt wird, härtet man in Oel oder Fett. Unter den Oelen härtet Petroleum am schärfsten, hierauf folgt Glycerin, eine noch zu wenig gewürdigte Härteflüssigkeit, dann leichtflüssige Mineralöle und schliesslich dickflüssige Fruchtöle. (z. B. Leinöl.)

Unter den Fetten findet geschmolzener Talg und Fischthran die häufigste Verwendung. In geschmolzenem Talg erzielt man etwas höhere Härte, als in Oelen.

Bei Anwendung von Oelen oder Fetten als Härteflüssigkeit darf nicht übersehen werden, dass dieselben in so ausreichender Menge zur Verwendung gelangen müssen, dass der zu härtende Gegenstand bei der Abkühlung ebenso, wie im Wasser, kräftig bewegt werden kann und durch das Härten keine nennenswerthe Temperaturerhöhung desselben stattfindet.

In der Praxis werden meist zu geringe Mengen Oele oder Fette verwendet und der Misserfolg beim Härten dann der schlechten Härtungsfähigkeit des Oeles, bezw. des Fettes, zugeschoben.

6. *Metalle.*

Vor allen Härteflüssigkeiten besitzt Quecksilber die beste Wärmeleitungsfähigkeit und bewirkt die energischste Härtung. Dasselbe findet nur zum Härten kleinster Werkzeuge selten

Digitized by Google

Anwendung; Quecksilber erwärmt selbst rasch zu hoher Temperatur und verdampft in dieser leicht, müsste also beim Härten grösserer Werkzeuge in bedeutenden Mengen zur Anwendung kommen. Der hohe Preis des Metalles und die Verdampfungsverluste beim Härten stehen in keinem Verhältnisse zu den Vortheilen, welche die Anwendung desselben zum Härten möglicher Weise mit sich bringen könnte.

Die beim Härten in Quecksilber entstehenden Dämpfe haben die gleichen giftigen Eigenschaften, wie das Metall selbst.

Zinn, Zink und Blei und deren Legirungen können in geschmolzenem Zustande ebenfalls als Abkühlungsmittel dienen. Deren Schmelzpunkt liegt so hoch, dass eine eigentliche Härtung darin nicht in dem gleichen Maasse erfolgt, wie in den vorher beschriebenen Abkühlungsmitteln. Der in geschmolzenen Metallen abgekühlte Stahl verändert ebenfalls seine Eigenschaften, er erhält wesentlich höhere Festigkeit und eine so grosse Härte, dass er nur schwer oder gar nicht bearbeitet werden kann, aber nur geringe Schneidkraft. Die Elasticität desselben wird ebenfalls erhöht, die Federkraft vermehrt.

Die Härte des Stahles wird höher, wenn man das Werkzeug nach kurzem Eintauchen in das geschmolzene Metall (je nach dem Querschnitte $^1/_4$—2 Minuten) in Wasser ganz rasch abkühlt.

Das Verfahren eignet sich zum Härten von Federn und von Werkzeugen, welche zur Bearbeitung weicher Materialien dienen, und denen man die erforderliche zähe Härte und Schneidkraft geben will, ohne das scharf gehärtete Werkzeug erst anzulassen, wie dies bei der Massenfabrikation oft erwünscht ist; ferner um Maschinentheilen, welche auf hohe Festigkeit und Abnutzung beansprucht werden, die erforderlichen Eigenschaften zu geben.

Von Wichtigkeit ist bei der Anwendung geschmolzener Metalle die Erhaltung eines stets gleichen Temperaturgrades, weshalb man entsprechende Mengen davon verwenden muss,

Digitized by Google

geeignete Heizvorrichtungen anbringt und die Höhe der Temperatur durch einen Pyrometer prüft.

Nähere Angaben hierüber, besonders in Bezug auf die Einrichtungen bei Massenfabrikation von Werkzeugen, würden hier zu weit führen.

7. *Gasförmige Abkühlungsmittel.*

Ein scharfer, kalter Luftstrom vermag bei Werkzeugen geringen Querschnittes Härtung herbeizuführen. Die Anwendung von Luft oder Gasen zur Härtung ist eine sehr seltene, practisch auch wenig zuverlässige. Für die Härtung von Werkzeugen im Allgemeinen ist dieselbe belanglos.

8. *Feste Körper als Abkühlungsmittel.*

Feste Körper können, wenn dieselben gut wärmeleitend erhalten werden, für das Härten sehr dünner Werkzeuge practisch Verwendung finden. Selten benutzt man mit Wasser gut durchtränkte Holzstücke, um dazwischen gelegte dünne Werkzeuge zu härten, häufiger geschieht, besonders bei der Sägenfabrikation, die Härtung zwischen Eisenplatten, welche durch einen ununterbrochenen Wasserstrom gekühlt werden. Da hierbei die Werkzeuge auch während des Härtens zwischen den Platten gepresst werden, um ein Verziehen derselben zu verhindern, so nennt man diese Härtung auch „Presshärtung".

Dieselbe eignet sich zur continuirlichen Härtung von Bandstahl und Massenfabrikation dünner Werkzeuge, welche schon während des Härtens eine zähe Gebrauchshärte erhalten sollen.

Feuchter Sand und Lehm härtet ebenfalls; eine gleichmässige Härte ist bei deren Anwendung jedoch schwer erzielbar.

Die verschiedenen, vorstehend erörterten Abkühlungsflüssigkeiten können natürlich in beliebigen Combinationen zur Anwendung gelangen, indem man die Abkühlung nacheinander in zwei, selten in drei Flüssigkeiten von verschiedener Wirkung vornimmt.

Die gebräuchlichste Art des Vorganges hierbei ist die Härtung im Wasser bis zum Verschwinden aller Gluth und das folgende Auskühlenlassen in Oel oder in heissem Wasser.

Digitized by Google

Durch wiederholte eingehende Versuche über die durch das Einhärten in verschiedenen Abkühlungsflüssigkeiten erzielte Schneidkraft an mittelhartem Werkzeugstahle gelangte man in Bismarckhütte zu folgenden Resultaten:

Stahl mit 1 % Kohlenstoff:

in Oel gehärtet, erzielte Arbeitsleistung	100,
in Talg „ „ „	108,
in reinem Wasser von 18° C. gehärtet, Arbeitsleistung	133,
in Wasser mit 1 % Schwefelsäure gehärtet, erzielte Arbeitsleistung	140.

Aus dem Verhältnisse dieser Zahlen zu einander kann man sich ein Urtheil über die verschiedene Wirksamkeit der verwendeten Härteflüssigkeiten bilden.

Das Anlassen gehärteten Stahles und die Einrichtungen dazu.

Auf Seite 19 und in der dort beigefügten Tabelle ist das Wesentlichste über das Anlassen des Stahles gesagt.

Das Anlassen kann in dreierlei Art geschehen, und zwar:

1. Indem das gehärtete Werkzeug nicht ganz erkalten gelassen, sondern die im Innern oder in einem Theile desselben vorhandene Wärme dazu benutzt wird, um im Vordringen nach dem gehärteten Theile das Anlassen zu bewirken.
2. Indem das Werkzeug beim Härten ganz abgekühlt, und das Anlassen durch Erwärmung von Aussen herbeigeführt wird.
3. Indem man das Werkzeug von Innen heraus anlässt und das Vordringen der Wärme von Aussen unterstützt.

Das Anlassen von Innen geschieht bei allen Werkzeugen, welche man theilweise härtet und bei welchen man die hinter dem gehärteten Theile oder innerhalb desselben aufgespeicherte Wärme nach dem gehärteten Theile zu vordringen lässt, also z. B. an Drehmessern, Hand- und Schrotmeisseln, Döppern, Bohrern, Steinbearbeitungswerkzeugen u. s. w. oder an Gesenken, Fraisern, Hämmern u. s. w.

Digitized by Google

Um das Vordringen der Wärme nach dem Verlaufe der Anlassfarben erkennen zu können, reibt man das gehärtete Werkzeug blank und kühlt bei ungleichmässigem Vordringen derselben durch kurzes Eintauchen den betroffenen Theil in Wasser.

Zeigt das Werkzeug die erwünschte Anlauffarbe, so kühlt man durch wiederholtes kurzes Eintauchen nach und nach ab.

Wenn man ein auf Schlag und Stoss beanspruchtes Werkzeug besonders zähe machen will, so kann man dasselbe „wiederholt" anlaufen lassen, indem die zuerst erschienene Anlauffarbe abgerieben und nochmals hervorgerufen wird.

Dieser Vorgang ist bei Schneidwerkzeugen, welche auf Schlag und Stoss sehr stark beansprucht werden, unbedingt zu empfehlen, besonders, wenn härterer Stahl verwendet wurde und die Werkzeuge Prellschlägen ausgesetzt sind, z. B. an Hand- und Schrotmeisseln, welche beim Einkerben von Schienen, Trägereisen u. s. w. mit sehr schweren Hämmern und starken Schlägen beansprucht werden, ferner an Nietensetzern und verschiedenen, in Constructionswerkstätten verwendeten Werkzeugen. Theilweise zu härtende Werkzeuge, welche beim Härten zu weit hinter der Schneide abgekühlt wurden, brechen in Folge der zu geringen Zähigkeit in einem Theile desselben auch nach dem Anlassen leicht ab, besonders, wenn der schneidende Theil stark belastet ist, d. h. unter hohem Druck arbeitet (Drehmesser u. s. w.) oder auf Schlag und Stoss beansprucht wird. (Meissel, Bohrer u. s. w.)

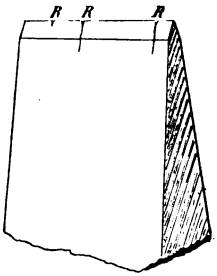
Wenn theilweise zu härtende Werkzeuge zu kurz, also nicht weit genug hinter der Schneide gehärtet wurden, so ist die Härte derselben meist eine ungenügende, und die Härtung muss wiederholt werden. Gehärtete Werkzeuge, welche eben nur an der Schneide den erforderlichen Härtegrad zeigen, bekommen beim Gebrauche, sofern die Schneiden auf Druck oder Stoss beansprucht werden, während der Arbeit leicht Risse, welche senkrecht zur Richtung der Schneide verlaufen. Das knapp hinter der Schneide liegende Material, welches meist noch geringeren Querschnitt hat, wird bei der Beanspruchung

Digitized by Google

gestaucht, die gehärtete Schneide ist nicht zähe genug, um der Formveränderung folgen zu können und reisst ein.

Der Verlauf solcher Risse *R* ist in Fig. 55 scizzirt.

Fig. 55.



Werkzeuge, welche zur Gänze gehärtet wurden, lässt man nur in sehr seltenen Fällen von Innen an. Der Vorgang hierbei ist folgender:

Das Werkzeug wird, je nach der Dicke, nur so stark abgekühlt, dass dasselbe oberflächlich kalt wird, im Innern aber noch so viel Wärme aufgespeichert bleibt, dass dieselbe genügt, um im Vordringen nach Aussen ein Anlassen der zuerst gehärteten Oberfläche herbeizuführen.

Bei diesem Vorgange erreicht die aus dem Innern hervordringende Wärme die Oberfläche des Werkzeuges meist nicht an allen Stellen gleichzeitig, das Anlassen erfolgt ungleichmässig und ist nach dem Verlaufe der Anlauffarbe nur schwer zu beurtheilen, weil es in der zur Verfügung stehenden kurzen Frist meist nicht möglich ist, das gehärtete Werkzeug an allen Stellen blank zu machen.

Wenn man Werkzeuge in Wasser härtet und darauf in Oel erkalten lässt, so erfolgt das beabsichtigte Anlassen aus dem Innern von selbst sehr gleichmässig, weil das umgebende Oel die stellenweise zu scharf vordringende Wärme abkühlt.

Es ist jedoch zu beachten, dass das Vordringen der Wärme aus dem Innern oft nicht „rasch“ genug erfolgt, um die Zähigkeit des gehärteten Stahles an der Grenze der geringsten Festigkeit (zwischen harter Schale und mild hartem Kerne) rechtzeitig zu erhöhen. Dann kann es vorkommen, dass die gehärtete Oberfläche oder Theile daran abgetrennt sind, bevor das Anlassen erfolgte; das Wasser hatte das Werkzeug schon zu sehr abgekühlt, bevor dasselbe in das Oel kam.

Diesem Uebelstande beugt man vor, indem man das Anlaufen von Innen durch gleichzeitiges Erwärmen des Werkzeuges von Aussen unterstützt, so wie dies auf Seite 70 be-

Digitized by Google

schrieben wurde, man kann dann tief genug abkühlen, um ein Weichwerden durch das folgende Anlassen zu verhindern und schützt die Oberfläche vor Härterissen.

So angelassene Werkzeuge verwendet man jedoch meist in der vollen erzielten Härte, ohne dieselben nochmals durch ein weiteres Anlassen von Aussen zu mildern.

Es sei hier auf einen oft vorkommenden Fehler aufmerksam gemacht. Die gehärteten und angelassenen Werkzeuge sollen beim völligen Erkalten von der Abkühlungsflüssigkeit, ganz ohne Rücksicht darauf, ob dieselbe Oel oder Wasser ist, gleichmässig umgeben sein. Der Fehler wird meist dadurch begangen, dass man das gehärtete Werkzeug zum Erkalten auf den Boden des Gefässes legt, welches die Abkühlungsflüssigkeit enthält. An der Berührungsstelle zwischen Gefässwand und Werkzeug wird dasselbe aus leicht erklärlichen Gründen weicher als an anderen Stellen. Man „hängt“ daher die Werkzeuge in die Flüssigkeit.

Werkzeuge von geringem Querschnitte, welche man nicht schon beim Härten anlassen kann, härtet man zur Gänze und bringt dieselben nach erfolgter Härtung sofort in heisses Wasser, oder lässt sie in heissem Sande wieder etwas anwärmen, um die Entstehung von Härterissen nach dem Härten zu vermeiden.

Das Anlassen der gehärteten Werkzeuge kann nun über einem milde glimmenden Holzkohlenfeuer, auf erhitztem Sande, oder in geschmolzenen Metallen u. s. w. erfolgen.

Beim Anlassen von Aussen ist zu beachten, das vorspringende Theile am Werkzeuge, Schneiden u. s. w. in Folge ihrer geringen Dicke dabei leicht zu hoch erhitzt werden können und mehr Härte verlieren, als ursprünglich beabsichtigt war. Man nimmt das Anlassen daher nicht in grösserer Wärme vor, als eben zur Hervorrufung der Anlauffarbe nöthig ist.

Wenn die Anlauffarbe sehr ungleichmässig erscheint, so ist dies ein Zeichen für zu rasche oder ungleichmässige Erwärmung. Bei Werkzeugen mit langen Schneiden eilt die Anlauffarbe oft nicht gleichmässig vor (in Folge ungleich-

Digitized by Google

mässiger Erwärmung), man kühlt dann die zu früh erwärmten Theile mit feuchten Lappen oder durch Besprengen mit Wasser so lange, bis die Anlauffarbe im anderen Theile gleichmässig vorgeschritten ist.

Das Anlassen längerer Werkzeuge, welche an einem Ende härter, am andern aber im allmählichen Uebergange weniger hart sein sollen, bewirkt man, indem man dieselben an dem weicher gewünschten Ende sehr „langsam" erwärmt. Die Anlauffarben erscheinen dann in längeren Zwischenräumen und können mit der sich ausbreitenden Wärme nach und nach gegen das andere Ende des Werkzeuges zu vorschreiten.

Das Anlassen von Werkzeugen erfordert vor Allem ebenso gleichmässige Erwärmung, als das Härten; der erzielte Hitzegrad ist jedoch nach dem Verlaufe der Anlassfarben leicht zu beurtheilen, die Operation erfordert daher mehr Aufmerksamkeit als Geschicklichkeit.

Die Zeitdauer, innerhalb welcher das Anlassen erfolgte, ist von grossem Einflusse auf die erzielte Zähigkeit des Stahles. Je langsamer das Anlassen geschieht, um so gleichmässiger vertheilt sich die Wärme über den ganzen Querschnitt des Werkzeuges, und um so höhere Zähigkeit erhält dasselbe.

Wie in Tabelle II ersichtlich, erscheint die gelbe Anlauffarbe bei rascher Erwärmung, wenn das Werkzeug eine Temperatur von 228° Celsius erreicht hat. Lässt man das Werkzeug längere Zeit dieser Temperatur ausgesetzt, so erscheinen nach einander alle Anlauffarben bis dunkelblau, ohne dass das Werkzeug zu einer höheren Temperatur erwärmt wurde. Je kleiner der Querschnitt eines Werkzeuges ist, um so rascher erscheinen die Anlauffarben.

Eine ähnliche Erscheinung kann man beobachten, wenn man gehärtete Werkzeuge längere Zeit hindurch in kochendes Wasser legt, die Zähigkeit derselben wird wesentlich erhöht, die Härte verringert.

Von practischer Bedeutung ist diese Erscheinung, wenn man Werkzeuge in geschmolzenen Metallen anlassen will, weil bei Anwendung eines und desselben Metallbades von bestimmter Temperatur, je nach der Dauer der Einwirkung derselben, ver-

Digitized by Google

schiedene Zähigkeits- und Härtegrade am Werkzeuge erzielt werden können. Natürlich muss das Metallbad mit einem Pyrometer versehen sein und die Dauer des Eintauchens auf das Genaueste regulirt werden. Dieses Verfahren findet in der Massenfabrikation practische Anwendung, vornehmlich beim Anlassen des rückwärtigen Theiles gehärteter Geschosse u. s. w..

Bei der Herstellung von Federn wird das Anlassen in manchen Fällen durch Abbrennen mit Oel vorgenommen. Die gehärtete Feder wird mit Oel bestrichen und so hoch erwärmt, dass das Oel daran verbrennt. In der Massenfabrikation findet dieses Verfahren nur seltene Anwendung, weil das Anlassen viel sicherer, billiger und gleichmässiger in der zu ganz dunkler Braungluth erwärmten Muffel stattfindet.

Das Anlassen kleiner Werkzeuge, welche Federhärte besitzen sollen, kann man in Oel vornehmen, welches bis zu einer Temperatur von 290° Celsius erwärmt werden kann, bevor es zu brennen beginnt.

Zur Vornahme dieser Operation wird Oel in einem eisernen Gefässe, in welches die anzulassenden Gegenstände gelegt wurden, so lange erwärmt, bis dasselbe aufzuwallen beginnt. Hierauf wird das Gefäss rasch durch einen festsitzenden Deckel verschlossen, vom Feuer entfernt und langsamem Erkalten überlassen.

Das vorstehend beschriebene Anlassverfahren eignet sich zur Massenfabrikation beim Anlassen kleiner Werkzeuge ganz vorzüglich, wenn Einrichtungen getroffen sind, um den Verlauf der Temperatursteigerung am Oele so genau verfolgen zu können, dass dasselbe nahe an die Entzündungstemperatur, niemals aber bis zu dieser oder gar darüber hinaus erwärmt wird.

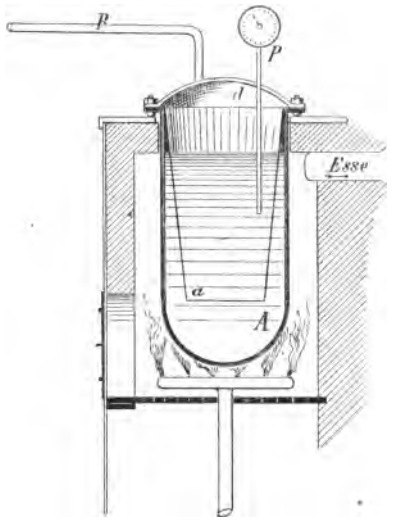
Folgende kurz beschriebene, und in Fig. 56 scizzirte Einrichtung französischen Ursprunges entspricht der vorerwähnten Forderung.

Ein eiserner Kessel *A* wird durch eine leicht abstellbare Gasfeuerung (Leuchtgas) erwärmt. Der in diesen Kessel passende, etwas kleine und nahe an den Boden reichende Einsatz *a* ist siebartig durchlöchert, und dient zur Aufnahme der anzulassenden Werkzeuge. Der zweitheilige Deckel *d* ist mittelst Schrauben-

Digitized by Google

zwingen befestigt. Ein Rohr *R* führt aus der einen Deckelhälfte in ein mit Wasser gefülltes Gefäss zur Condensation der Oeldämpfe oder zur Abführung des überwallenden Oeles. In der gleichen Deckelhälfte sitzt das Pyrometer *P*.

Fig. 56.



Das Oel wird bis zu etwa 260° Celsius erwärmt und eine genau bemessene Zeit hindurch in dieser Temperatur belassen. Hierauf wird die Gasfeuerung abgestellt und der Kessel dem langsamen Erkalten überlassen oder die Werkzeuge aus dem Oele entfernt und neue aufgegeben.

Ueber die zum Anlassen von Werkzeugen benöthigten Einrichtungen ist ferner zu erwähnen, dass dieselben der Forderung nach gleichmässiger Erwärmung derselben möglichst angepasst sein sollen.

Auch wenn Werkzeuge nur theilweise anzulassen sind, muss sich die Wärme gleichmässig über den anzulassenden Theil erstrecken.

Das Anlassen kann im offenen Feuer geschehen; man vermeidet dann aber helle Gluth oder russende Flamme und legt event. zwischen das anzulassende Werkzeug und das Feuer eine Blechtafel.

Glühendes Eisen wird meist zum Anlassen von kleineren Werkzeugen benutzt, indem man dasselbe mit der anzulassenden Fläche in nahe Berührung bringt.

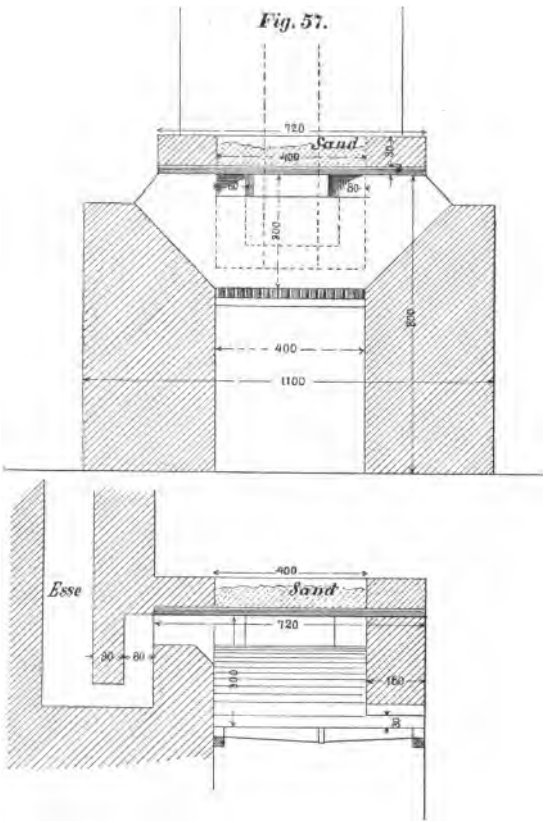
Durchbohrte Werkzeuge lässt man mittelst eines durch die Bohrung gesteckten glühenden Dornes an; scheibenförmige Werkzeuge legt man zwischen zwei glühende Platten von geringerem Umfange, als das Werkzeug hat.

Digitized by Google

Häufig findet das Anlassen an Gasflammen, welche ohne Stichflammen brennen, statt.

Die Verwendung von erwärmtem Sand zum Anlassen kann an offenen Feuern stattfinden, indem man den Sand auf einem Bleche erwärmt und die Werkzeuge darin anlässt. Sollen grössere Werkzeuge in erwärmtem Sande angelassen werden oder ist fallweise eine grössere Anzahl von Werkzeugen anzulassen, so stellt man einen eigenen Anlassofen auf, wie derselbe in Fig. 57 dargestellt ist.

Fig. 57.



In ähnlicher Weise dient eine, durch die Feuerung in steter Gluth erhaltene durchbrochene Eisenplatte; der Anlass-

Digitized by Google

ofen kann dann wie ein gewöhnlicher Küchenherd hergestellt werden.

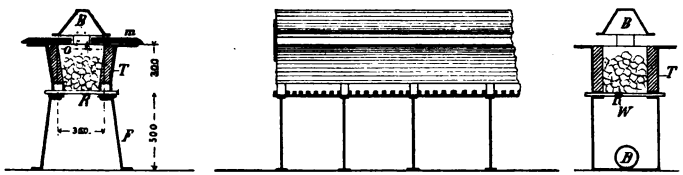
Das theilweise Anlassen von Werkzeugen in geschmolzenem Blei ist dann zu empfehlen, wenn man eine sehr gleichmässig verlaufende Härte von einem Ende nach dem anderen desselben herbeiführen will.

Man taucht dann den ganz anzulassenden Theil des Werkzeuges in das geschmolzene Blei, welches eine sehr langsame, gleichmässige Erwärmung herbeiführt. Die Anlauffarben schreiten an dem ausserhalb des Bleies befindlichen Theile des Werkzeuges gleichmässig vor.

Das Anlassen langer Werkzeuge, welche der Breite nach gleichmässig zu erwärmen sind, erfordert eigene Einrichtungen zur Erzielung einer gleichmässigen Anlasstemperatur.

Ein Ofen, welcher zum Anlassen langer Messer dient, ist in Fig. 58 dargestellt.

Fig. 58.



Ein Blechkasten von trapezförmigem Querschnitte T ist mit eisernen Füssen F versehen, an Stelle des Bodens bilden eingelegte Eisenstäbchen R einen Rost. Das Innere des Kastens ist mit dünnen, feuerfesten Ziegeln, Lehm oder Thon ausgekleidet. Ueber dem oberen Theile des Kastens liegen einige Querstangen o, auf welchen die anzulassenden Messer M ruhen. Das Ganze wird durch einen in der Mitte zum Abziehen der Gase der Länge nach offenen Blechdeckel B geschlossen.

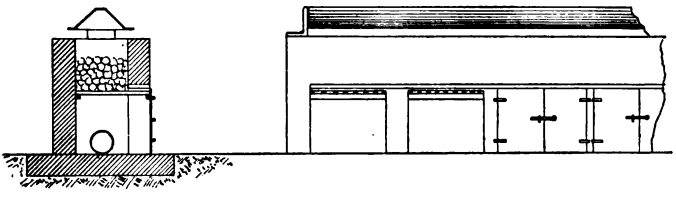
Beim Gebrauche wird auf dem Roste R glühende Holzkohle gleichmässig vertheilt, darauf kommt frische Holzkohle in nussgrossen Stücken. Sobald dieselben in gleichmässige Gluth gerathen sind, werden die Messer M so wie scizzirt, aufgelegt, und angelassen. Das Wechseln derselben kann während des Anlassens leicht erfolgen.

Digitized by Google

Der vorstehend scizzirte kleine Ofen soll in einem Raume aufgestellt sein, in welchem durch Luftzug eine ungleichmässige Gluth der Kohle nicht leicht herbeigeführt werden kann. Sollte die entwickelte Gluth stellenweise geringer sein, so kann durch Anfachen mittelst Handblasebalges, oder durch Bleche, welche an den zu scharf brennenden Stellen unter den Rost geschoben werden, ein Ausgleich leicht herbeigeführt werden.

Die Fig. 59 stellt den gleichen Ofen, aus Ziegeln gemauert, dar.

Fig. 59.



Zur sicheren Erzielung einer gleichmässigen Gluth kann man unterhalb des Rostes einen Windkasten anbringen, in welchen der Wind mittelst eines durchlöcherten Gasrohres eingeleitet wird (s. Fig. 58). In ähnlicher Weise kann dies beim gemauerten Ofen, Fig. 59, geschehen.

Das Fixiren des angelassenen Stahles geschieht, indem man denselben aus der erzielten Temperatur entweder rasch abkühlt oder langsam erkalten lässt.

Das angelassene Werkzeug kann man dem ruhigen Auskühlen überlassen, wenn dasselbe nicht mehr Wärme erhielt, als eben zum Anlassen nöthig war.

Wurde das Werkzeug theilweise höher erhitzt, als zum Anlassen nöthig war, so muss dasselbe rasch abgekühlt werden, um ein Ueberlaufen (Weichwerden) zu verhindern.

Die Abkühlung erfolgt durch kurzes, rasch hintereinander wiederholtes Eintauchen in Wasser oder indem man das Werkzeug in milde kühlenden Oelen oder Fetten langsam erkalten lässt. Wenn man eine Härtung an Theilen des Werkzeuges, welche sich noch in Härtetemperatur befinden, vermeiden will, so taucht man dasselbe zur Fixirung in Seifenwasser ein.

Digitized by Google

Ein beim Anlassen theilweise gehärteter Werkzeuge häufig vorkommender Fehler wird dadurch begangen, dass man dieselben zu lange (zu weit nach rückwärts) erwärmt und die an sich ganz richtig gehärteten und angelassenen Werkzeuge zum Erkalten mit der Schneide voraus in seichtes Wasser stellt.

Die Wärme dringt aus dem zu hoch erhitzten Theile der Werkzeuge gegen den im Wasser stehenden gehärteten Theil vor und bewirkt die Bildung einer scharfen Grenze zwischen Gehärtetem und Ungehärtetem; an dieser Grenze brechen die Schneiden dann ab. Man vermeidet den Fehler, indem man dem Werkzeuge vorher die höchste Wärme durch Eintauchen in Seifenwasser entzieht. Der vorerwähnte Fehler ist beim Härten von Hand- und Schrotmeisseln, Bohrern, Gesteinsbohrwerkzeug u. s. w. oft zu beobachten.

Das Richten von Werkzeugen.

Das Richten von Werkzeugen, welche sich beim Härten verzogen haben, kann in kaltem Zustande nicht erfolgen, ohne dass ein Zerbrechen derselben zu befürchten ist.

Die Operation des Richtens verbindet man daher mit jener des Anlassens, sofern dies thunlich ist, weil dem Stahle im Zustande der Erwärmung noch eine genügende Bildsamkeit innewohnt, um beim Richten nicht zu brechen.

Das Richten des Stahles kann vorgenommen werden:

1. durch Pressen,
2. durch Geradebiegen und durch Drehen mittelst Richtklauen,
3. durch Schläge mittelst Richt- und Treibhammer,
4. durch ungleichmässige Erwärmung und Abkühlung während des Anlassens.

Das Verziehen von Werkzeugen während des Härtens ist fast stets eine Folge ungleichmässiger Erwärmung oder ungleichmässiger Abkühlung, und trifft Werkzeuge von geringem Querschnitte und grosser Länge oder Breite häufiger, als kurze Werkzeuge von grossem Querschnitte. Die ungleichmässige

Digitized by Google

Abkühlung führt ungleiche Volumensveränderungen herbei; der Stahl verzieht sich.

Werkzeuge, welche der Presshärtung unterzogen wurden, werden während des Härtens gerichtet, d. h. deren Verziehen während der Abkühlung wird verhindert.

Dünne, flache Werkzeuge, welche mittelst des Hammers nicht leicht gerichtet werden können, legt man nach dem Anlassen in der Anlasstemperatur zwischen zwei handwarm gemachte eiserne Platten, welche man mittelst Schrauben fest aneinander presst, und lässt das Werkzeug so erkalten.

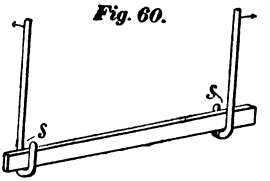
Lange Werkzeuge von symmetrischem Querschnitte, z. B. Spiralbohrer, Reibahlen u. s. w., richtet man unter einer Schraubenpresse in gut handwarmem Zustande.

Flache Werkzeuge, welche beim Härten leicht windschief werden, richtet man unmittelbar nach dem Anlassen, oder noch während desselben mittelst der Richtklauen.

Das Werkzeug wird zum Richten mit dem einen Ende in den Schraubstock eingespannt, an dem anderen Ende mit der Richtklaue erfasst und langsam gerade gedreht. In einfachen Fällen können zwei Richtklauen dienen.

Solche Richtklauen stellt man leicht her, indem man Eisenstäbe von flachem oder quadratischem Querschnitte so, wie in Fig. 60 scizzirt, an dem einen Ende abbiegt. Das Werkzeug wird zum Richten in den Schlitz *S* gesteckt.

Fig. 60.



Werkzeuge, welche sich beim Richten wellenförmig oder nach einer hohen Kante (sichelförmig) verzogen haben, kann man nur schwer durch Pressen, aber gar nicht durch Richtklauen richten. Das Richten muss dann mittelst Schlag erfolgen und erfordert grosse Uebung und Geschicklichkeit.

Die dazu nöthigen Werkzeuge sind:

Der Richtambos, d. i. ein Ambos mit grosser, etwas gewölbter Bahn, welche glatt und gut gehärtet sein muss;

der Richthammer, ein kupferner Hammer mit zwei verschieden stark gewölbten breiten Bahnen, und der

Digitized by Google

stählerne Treibhammer, mit einer gewölbten breiten und einer schmalen scharf gerundeten Bahn, welche in der Richtung des Hammerstieles steht.

Der Schlag mit dem Hammer soll immer auf der hohlen Seite des Werkzeuges ausgeführt werden. Genügen kräftige Schläge mit der flachen Bahn nicht, so muss die scharfe Bahn zur Anwendung kommen; dieselbe bewirkt eine kräftigere Streckung in senkrechter Richtung zur Schneide. Unrichtig angewandte Schläge führen leicht ein stärkeres Krümmen des Werkzeuges herbei; die kurze Zeit, welche dasselbe in der geeigneten Temperatur bleibt, erfordert rasches und sicheres Arbeiten.

Das Richten von Werkzeugen durch ungleichmässiges Erwärmen und Abkühlen beim Anlassen, oder am erkalteten Werkzeuge, kann nur selten und nur an wenig verzogenen Werkzeugen vorgenommen werden.

Solche Werkzeuge legt man mit der hohlen Seite nach unten auf den Anlassofen oder auf eine heisse Eisenplatte, und kühlt so lange auf der gewölbten Seite, bis sich das Werkzeug gerade gerichtet hat.

Die Oberflächenhärtung und Schutzmittel gegen oberflächliche Entkohlung und Ueberhitzung.

Die Oberflächenhärtung wird angewendet, wenn man wenig härtbaren Stahl oder nicht härtbares Eisen mit einer harten Oberfläche versehen will, und erreicht diesen Zweck durch eine Cementation derselben.

Wenn man Eisen in inniger Berührung mit Substanzen, welche viel Kohlenstoff enthalten und denselben leicht abgeben, anhaltend glüht, so nimmt dasselbe Kohlenstoff auf. Der Kohlenstoff wandert dann von der Oberfläche gegen das Innere des Stahles um so weiter fort, je höher die Glühtemperatur und je länger die Dauer des Glühens war.

Der beim Glühen aufgenommene Kohlenstoff giebt dem Eisen die Eigenschaft der Härtungsfähigkeit oder erhöht jene nur schwach härtbaren Stahles.

Digitized by Google

Wenn das Glühen mit Kohle bei hoher Temperatur und längere Zeit hindurch erfolgte, so erleidet der Stahl oder das Eisen eine Aenderung des Gefüges, dasselbe wird grobcristallinisch und der Zusammenhang zwischen den Gefügetheilen wird gelockert. Die Folge davon ist mürbe Sprödigkeit, welche im gehärteten Zustande vermehrt wird, wenn man das feine Gefüge durch vorhergehendes Schmieden nicht wieder herstellte. Man darf daher weder die Temperatur noch die Glühdauer beim Cementiren durch Einsetzen zu hoch bemessen, wenn man einen Misserfolg an der Qualität des Productes vermeiden will.

Durch das Einsetzen wird eine tiefer reichende Schicht des Werkzeuges hart gemacht. Wenn dasselbe geringeren Querschnitt besitzt, so kann es selbst durch und durch Kohlenstoff aufgenommen haben und härtbar geworden sein.

Es ist nicht immer erwünscht, Werkzeugen eine tiefer reichende Härte zu geben, man bedarf oft nur einer ganz oberflächlichen höheren Härte, welche man dann durch das sogenannte „Einbrennen“ erzielt.

Der Arbeitsvorgang beim „Einsetzen“ ist folgender:

Man legt die Werkzeuge in einen eisernen Kasten, in welchem dieselben von allen Seiten gleichmässig mit fein gepulverter Kohle umgeben werden. Nach Schliessen des fest aufsitzenden Deckels werden alle Fugen luftdicht mit Lehm verstrichen und der Kasten in die Muffel eines Muffelofens oder in einen Glühofen, Fig. 19, gebracht. Die Erwärmung erfolgt in gleicher Weise wie beim Glühen zu ganz gleichmässiger Temperatur, in welcher der Kasten, je nach dem Grade der gewünschten Härte, längere oder kürzere Zeit erhalten wird. Die Erwärmung soll hierbei über helle Kirschröthe nicht ausgedehnt werden, weil in Folge der Hitze die Werkzeuge sonst leicht verdorben werden könnten.

Die eingesetzten Werkzeuge werden meist sofort in der beim Einsetzen erzielten Temperatur gehärtet, seltener erkalten gelassen und zum Härten nochmals erwärmt.

Das Einsatzhärten wird in der Praxis bei der Massenherstellung von Werkzeugen oder Maschinentheilen angewendet,

Digitized by Google

welche der billigeren Herstellungskosten wegen aus nicht härtbarem Schmiedeeisen hergestellt oder gegossen wurden, z. B. an Nähmaschinen und Fahrradtheilen, an Werkzeugen, welche Bestandtheile von Haushaltungsgeräthen bilden, selbst an Scheeren, Messern, Beilen u. s. w. Die zum Einsetzen verwendeten kohlenden Substanzen werden, je nach dem Wirkungsgrade, welchen dieselben erfahrungsgemäss besitzen, rein oder in Mischung verwendet. Bei der Wahl reiner Holzkohle soll man der Lindenkohle den Vorzug geben; Russ wird seltener angewendet und bietet keinen Vortheil gegenüber der Holzkohle. Die aus der Verbrennung thierischer Substanzen gewonnene Kohle, wie Lederkohle, Hornkohle und Knochenkohle, wird mit Vorliebe zum Einsetzen verwendet und von diesen der Vorzug der erfahrungsgemäss am günstigsten wirkenden Lederkohle gegeben.

Getrocknete und zu Pulver oder Spähnen vermahlene thierische Substanzen, wie Horn- und Klauenmehl (Spähne), dann Leim etc., besitzen eine mildere Wirkung, cementiren nicht so rasch als Kohle und erfordern eine längere Glühdauer beim Einsetzen; man verwendet dieselben daher seltener als Einsatzmittel, sondern häufig nur als Schutz der Oberfläche grösserer Werkzeuge, um eine oberflächliche Entkohlung daran zu vermeiden oder dieselben der directen Einwirkung des Brennstoffes zu entziehen.

Wenn an Werkzeugen durch das Einsetzen eine gleichmässige Härte erzielt werden soll, so müssen dieselben eine von anhaftenden fremden Bestandtheilen freie, metallisch reine Oberfläche besitzen; die Werkzeuge werden daher vor dem Einsetzen gescheuert.

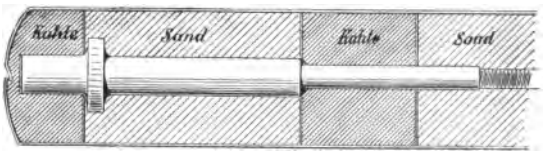
Wünscht man einzelne Theile der Oberfläche von Werkzeugen weich zu erhalten, so schützt man dieselben gegen die Cementation durch wiederholtes Bestreichen mit einem Brei von Lehm, oder durch Einpacken in Stoffe, welche keinen Kohlenstoff abgeben (Sand, Ziegelmehl u. s. w.)

In Fig. 61 ist die Art der Einpackung einer Spindel, welche an zwei Stellen hart sein soll, dargestellt. Die Spindel wird

Digitized by Google

in der scizzirten Packung einige Stunden hindurch heller Rothgluth ausgesetzt, dann aus der Packung genommen und gehärtet.

Fig. 61.



Das „Einbrennen" von Werkzeugen erfordert die Verwendung solcher Substanzen, welche ihren Kohlenstoffgehalt bei der Berührung in höherer Temperatur leicht und rasch an das Werkzeug abgeben.

Die erfahrungsgemäss beste Wirkung besitzt gelbes Blutlaugensalz, welches mit dem rothglühenden Werkzeuge in Berührung gebracht, flüssig wird und in diesem Zustande eine stark cementirende Wirkung ausübt.

Das Arbeitsverfahren beim Einbrennen in Blutlaugensalz ist folgendes:

Man erwärmt das Werkzeug zu Rothgluth und bestreut die einzubrennende Fläche mit Blutlaugensalz, wobei man sich eines feinen Siebes bedient, um eine gleichmässige Vertheilung desselben herbeizuführen. Hierauf bringt man das Werkzeug in das Feuer zurück, erwärmt zur Härtetemperatur und härtet. Will man eine höhere, etwas tiefer reichende Härte an Eisen oder ganz weichem Stahl erzielen, so wiederholt man das Einbrennen zwei- bis dreimal.

Die Oberfläche des Werkzeuges muss natürlich hierbei frei von allem Glühspahn sein. Ganz kleine Werkzeuge, welchen man eine hohe Härte durch Einbrennen von Blutlaugensalz geben will, härtet man in folgender Weise:

Man schmilzt Blutlaugensalz in einem eisernen Gefässe über gelindem Feuer und bringt das zur Braunrothgluth erwärmte Werkzeug in das geschmolzene Salz, in welchem man

Digitized by Google

es bis zu 15 Minuten belässt. Hierauf wird dasselbe zur Härtetemperatur erwärmt und gehärtet.

Eine ähnliche, aber etwas mildere Wirkung erzielt man bei kleinen, dünnen Werkzeugen schon, wenn man dieselben wiederholt rothglühend macht, langsam in Oel oder Fett taucht, stets wieder erwärmt und endlich im Wasser härtet. Wenn man die Wirkung verstärken will, so mengt man dem Oel oder Fett (Fischthran), Russ oder gepulverte Kohle bei, bis dasselbe breiartig dick wird und taucht das rothwarme Werkzeug in diese Masse. Dieselbe überzieht das Werkzeug mit einer dicken, schwerer verbrennlichen Schicht, welche bei der folgenden Erwärmung eine kräftige Cementation bewirkt.

Durch Vermengung von Mehl, gelbem Blutlaugensalz, Kalisalpeter, Hornspähnen oder Klauenmehl, Fett und Wachs erzielt man eine Masse von pasteartiger Beschaffenheit, welche dem gleichen Zwecke dienen kann. In den Handel gelangende, als „Härte-Paste“ bezeichnete Mittel sind ähnlicher Zusammensetzung, welche ganz beliebig gewählt werden kann, z. B.:

500 Gramm Wachs,
500 „ Talg,
100 „ Colophonium,

werden geschmolzen, der geschmolzenen Masse dann eine Mischung von Lederkohle, Hornspähnen und Klauenmehl zu gleichen Theilen bis zu breiartiger Consistenz beigefügt, dann 10 Gramm Kalisalpeter und 50—100 Gramm gelbes Blutlaugensalz gepulvert und gut verrührt.

Einzubrennende Werkzeuge werden in rothglühendem Zustande in diese Paste gesteckt, darin erkalten gelassen, wieder erwärmt und gehärtet.

Zum Bestreuen im offenen Feuer erwärmter und dann zu härtender Werkzeuge combinirt man Härtepulver aus gelbem Blutlaugensalz, Holzkohle, Colophonium, geröstetem Kochsalz, Kalisalpeter, Klauenmehl, Glasmehl u. s. w. in ganz beliebiger Mischung, wobei man beachtet, dass die Substanzen, welche keinen Kohlenstoff abgeben, nur den Zweck haben, ein besseres Haften und eine gleichförmige Vertheilung der Mischung herbeizuführen, sowie Oxyde (Glühspahn) zu zerstören, dass also

Digitized by Google

die kohlehaltigen Bestandtheile überwiegen müssen. Folgende Beispiele mögen die Art der Zusammensetzung eines trockenen Härtepulvers veranschaulichen:

10	Theile	Klauenmehl,
10	„	Hornkohle,
½	Theil	Kalisalpeter,
½	„	Glaspulver,
2	Theile	geröstetes Kochsalz,
1	Theil	gelbes Blutlaugensalz;

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

oder

4	Theile	Colophonium,
10	„	geröstetes Kochsalz,
4	„	Leim,
2	„	Kalisalpeter u. s. w.

In der Werkzeugfabrikation haben die Mittel zur Erzielung einer höheren Härte an der Oberfläche des Stahles nur ganz nebensächliche Bedeutung, man zieht es meist vor, den Stahl in einer Härte zu verwenden, welche die erforderlichen Arbeitsleistungen gestattet und welcher ohne Härtemittel gehärtet werden kann.

Eine grössere Bedeutung besitzen diese Mittel, wenn sie zur Abkühlung theilweise zu rasch oder zu hoch erwärmter Werkzeuge, ferner wenn sie als Schutzmittel gegen eine Berührung mit den Verbrennungsgasen oder gegen eine oberflächliche Entkohlung bei der Erwärmung dienen sollen.

Werkzeuge, welche an der Oberfläche scharf vorspringende Theile besitzen, z. B. Fraiser, Feilen u. s. w., können nur sehr schwierig zu gleichmässiger Temperatur erwärmt werden, ohne dass die Ecken und Kanten (Zähne) daran früher und schliesslich auch höher erhitzt werden, als der dickere Körper derselben. Die Folge davon ist zu spröde Härte bei den zu der Arbeit beanspruchten Schneiden, die Bildung von Härterissen und bei lange dauernder Ueberhitzung auch die Entkohlung und das Weichbleiben derselben nach dem Härten.

In manchen Fällen, z. B. beim Härten von Feilen, ist es ein Erforderniss, die Zähne gegen eine Ueberhitzung und Ent-

Digitized by Google

kohlung zu schützen, an anderen Werkzeugen, z. B. an Fraisern, dieselben während der Erwärmung abzukühlen, wenn sie zu früh warm geworden sind.

Man erreicht die Abkühlung ungleichmässig erwärmter Werkzeuge, wenn man dieselben aus dem Feuer nimmt, zu gleichmässiger Temperatur an der Luft abkühlen lässt und neuerlich erhitzt. Der Erfolg bei diesem Vorgang ist aber nicht immer ein zufriedenstellender, besonders wenn die Querschnittsunterschiede am Werkzeuge grosse sind. In diesem Falle ist die Anwendung eines Streupulvers, durch welches die Abkühlung bewirkt und einer möglichen Entkohlung vorgebeugt wird, unbedingt zu empfehlen. Es sollte dasselbe beim Härten complicirter Werkzeuge stets im Gebrauche stehen. Man stellt ein geeignetes Pulver durch Mischung folgender Pulver her:

50 Theile Klauenmehl,
5 „ Roggenmehl,
25 „ gedörrtes und gepulvertes Kochsalz,
$^1/_2$ Theil Glas in gepulvertem Zustande;

oder

1 Theil geröstetes Salz,
1 „ Klauenmehl,
1 „ Lederkohlenmehl,
1 „ Roggenmehl.

Beim Gebrauche streut man das Pulver mittelst eines Schäufelchens auf diejenigen Theile des Werkzeuges, welche gleich anfänglich höhere Gluth zeigen, oder taucht dieselben darin ein und wiederholt den Vorgang so oft als nöthig. Die Anwendung desselben wird bei complicirten Werkzeugen nur von Nutzen sein.

Wenn man Werkzeuge gleich von Anfang an während der Erhitzung an der Oberfläche schützen will, so packt man dieselben zur Erwärmung zwischen Hornspähne und Klauenmehl in eine Kiste und erwärmt sie mit dieser gleichzeitig oder bedeckt die Werkzeuge vor dem Härten mit einem fest haftenden Teige kohlenstoffhaltiger Substanzen, lässt diesen

Digitized by Google

antrocknen und erwärmt das Werkzeug zum Härten dann wie gewöhnlich.

Dem letzterwähnten Zwecke können folgende Mischungen, welche durchweg in breiiger Beschaffenheit angewendet werden müssen, dienen:

1 Theil gepulverte Holz- oder Lederkohle,
1 „ Kochsalz,
1 „ Roggenmehl,

ferner

4 Theile Klauenmehl,
1 Theil Roggenmehl,
1 Volumprocent Blutlaugensalz,
1/2 „ Glaspulver,

ferner

2 Theile Klauenmehl,
2 „ Lederkohle,
2 „ geröstetes Hornmehl,
1 Theil chromsaures Kali,
1 „ Blutlaugensalz,
2 Theile Roggenmehl.

Die fein gestossenen und innig gemengten Theile werden mit concentrirter Kochsalzlösung zu einem Brei angerührt, einige Tage ruhig stehen gelassen, dann wieder tüchtig gerührt und schliesslich mit einer Bürste auf die von anhaftendem Fett befreiten Werkzeuge gestrichen. Damit sich die Masse bei der Erwärmung nicht abblättert, muss dieselbe fest angetrocknet sein, bevor die damit bestrichenen Werkzeuge gehärtet werden können.

Die vorstehend beschriebenen Mischungen können natürlich in ganz beliebiger Weise zusammengestellt und dem eben ins Auge gefassten Zwecke angepasst werden. Gegen deren Anwendung in der Praxis ist nichts einzuwenden. Die Anwendung derselben führt nur in seltenen Fällen Nachtheile herbei, unter welchen das, durch stellenweises Anbrennen der Masse herbeigeführte, fleckige Aussehen der gehärteten Werkzeuge meist der grösste ist.

Digitized by Google

Schliesslich seien noch folgende Verfahren der Oberflächenhärtung erwähnt.

Zur Oberflächenhärtung des Stahles durch Cementation finden auch Kohlenstoffverbindungen in gasförmigem Zustande Verwendung. Wenn z. B. Leuchtgas über die Oberfläche glühenden Eisens geleitet wird, so übt dasselbe eine energisch cementirende Wirkung aus; die Oberfläche des Eisens wird beim raschen Abkühlen hart.

Practische Anwendung findet das Verfahren bei der Herstellung von Panzerplatten, welchen man eine harte Oberfläche geben will. Man verwendet hierzu Kohlenwasserstoffgas, welches beim Eintauchen von Calciumcarbid in Wasser entsteht und das unter Luftabschluss über die Oberfläche der glühenden Panzerplatte geführt wird.

Seltene Anwendung findet Roheisen zur Oberflächenhärtung. Roheisen besitzt einen hohen Gehalt von Kohlenstoff, welchen dasselbe leicht an nicht härtbares Eisen oder Stahl abgiebt, wenn es in inniger Berührung mit demselben geglüht oder wenn es an der Oberfläche glühenden Eisens zum Schmelzen gebracht wird. Der practische Werth dieser Art der Oberflächenhärtung ist sehr gering und der gleiche Erfolg durch Einsatzhärten oder durch Einbrennen sicherer erreichbar.

Das Schweissen des Stahles.

Die Operationen beim Schweissen des Stahles bedingen eine hochgradige Ueberhitzung desselben, deren Folgen leicht das Verbrennen sein kann. Beim Schweissen von Stahl ist zu beachten, dass derselbe weniger erhitzt werden darf, als Eisen und nicht höher als nöthig ist, um eine teigige Beschaffenheit desselben an der Oberfläche herbeizuführen, während Eisen eine tiefer reichende Erweichung erfahren darf. Wird Stahl in grösserer Tiefe zu sprühender Weissglühhitze erwärmt, so verliert dessen Gefüge so stark an Zusammenhang, dass derselbe beim folgenden Schmieden in Stücke zerfällt.

Digitized by Google

Die Bildung einer weichen Schicht an der Oberfläche des Stahles ist zur Herbeiführung der Schweissung unbedingt nöthig. Man erzielt dieses Teigigwerden derselben durch Erhitzung zu heller Gelbgluth und unterstützt dasselbe durch Aufstreuen solcher Mittel, welche selbst leicht schmelzbar sind und die den Stahl vor Oxydation schützen. Diese Mittel sind: Borax, feiner Quarzsand, getrockneter und gepulverter Lehm (event. Ziegelmehl) Pottasche, Soda, Salmiak u. s. w., welche in beliebiger Mischung angewandt werden können. Borax und Soda schmilzt man vor dem Gebrauche und pulverisirt sie nach dem Erkalten.

Der Arbeitsvorgang beim Schweissen ist folgender:

Die zu schweissenden Theile werden keilförmig aneinandergepasst und hierauf zur Schweisshitze, welche bei weichem Stahl dunkle Weissgluth, bei hartem Stahl helle Gelbgluth, bei Eisen sprühende Weissgluth sein soll, erwärmt. Der bei der Erhitzung gebildete Glühspahn wird abgekratzt und kurz vor Erzielung der Schweisshitze das Schweisspulver aufgestreut, ohne dass man das Werkzeug dazu aus dem Feuer nimmt. Die zu schweissenden Theile werden dann rasch aus dem Feuer genommen, aneinandergedrückt und durch leichte Hammerschläge, oder besser durch Druck, eine oberflächliche Vereinigung herbeigeführt. Hierauf bestreut man die Schweissstelle nochmals mit Schweisspulver und bringt dieselbe in das Feuer, wo man eine neue Schweisshitze (die nicht so hoch zu sein braucht, als die erste), giebt.

Die Vereinigung erfolgt nun durch kräftigere Hammerstreiche, und man stellt das feinere Gefüge im Stahle durch so lange als möglich fortgesetzte Schmiedung wieder her. Darnach ist es nöthig, das Werkzeug langsam erkalten zu lassen und dasselbe zur folgenden Härtung neuerlich anzuwärmen, um die Entstehung von Härterissen zu vermeiden.

Wenn die Schweissung keine genügende war, so soll das betroffene Stückchen Stahl ganz entfernt werden, bevor man die Operation wiederholt.

Zeigt der Stahl nach der Schweissung Kantenrisse, so war derselbe dabei zu hoch erwärmt und wurde verbrannt,

Digitized by Google

oder derselbe ist zum Schweissen ungeeignet, wenn bei sorgfältig wiederholter Operation stets solche Risse sichtbar werden und die Schweissung ungenügend ausfällt.

Das Regeneriren im Feuer verdorbenen Stahles.

Wenn Werkzeugstahl hochgradig überhitzt oder verglüht wurde, so ist es besser, denselben gar nicht erst zu Werkzeugen weiter zu verarbeiten und hohe Kosten an deren Herstellung aufzuwenden, denn die Werkzeuge werden spröde und reissen, oder nehmen keine Härte an.

Die Erkenntniss, dass Werkzeugstahl verglüht oder überhitzt wurde, kommt meist zu spät und wird erst aus den, am verdorbenen fertigen Werkzeuge wahrnehmbaren Fehlern geschöpft. Eine Regeneration, d. h. eine Verbesserung verdorbenen Stahles entfällt dann von selbst.

Die Mittel zur Verbesserung verdorbenen Stahles haben daher keinen bei der Werkzeugherstellung in Betracht zu ziehenden Werth und sind in erster Linie in der Vermeidung des Fehlers zu suchen.

Verbrannt ist der Stahl, wenn derselbe so hoch erhitzt wurde, dass dadurch eine Trennung im Gefüge entstanden ist, in deren Folge der Stahl im ungehärteten Zustande Kantenrisse zeigt. Beim Schmieden bricht derselbe in Stücken ab, er zerfällt; beim Härten reisst er. Solcher Stahl kann nicht regenerirt werden.

Ueberhitzt ist der Stahl, wenn derselbe über helle Rothgluth erhitzt wurde und in Folge dessen grobkristallinisches Gefüge erhält. Die Ueberhitzung erstreckt sich nach der Dauer derselben bloss auf die Oberfläche (Ecken und Kanten) oder durch die ganze Masse des Stahles.

Wurde Werkzeugstahl beim Schmieden theilweise überhitzt und man entschliesst sich nicht, das betreffende Stück ganz zu entfernen, so lässt man dasselbe zur Kirschröthe abkühlen und unterzieht es dann kräftiger Bearbeitung, welche bis zu Dunkelröthe fortgesetzt wird. Nach vollständiger langsamer

Digitized by Google

Abkühlung des Werkzeuges ist dasselbe zum folgenden Härten vorsichtig wieder zu erwärmen.

Wurden Werkzeuge beim Härten überhitzt, so werden dieselben langsam ganz erkalten gelassen und neuerlich vorsichtig zur niedrigsten Härtetemperatur erwärmt. Durch den vorbeschriebenen Vorgang erhält der Stahl zum Theil sein feines Gefüge wieder; er wurde regenerirt. Alle, eine Regeneration verbrannten oder überhitzten Stahles anpreisenden Mittel zielen auf die Herbeiführung des gleichen Vorganges ab, sind jedoch an sich ganz wirkungslos.

Der Erfolg der Versuche zur Regenerirung überhitzten Stahles ist immer ein zweifelhafter.

Verglüht oder verbraten ist der Werkzeugstahl, wenn derselbe längere Zeit hindurch bei Luftzutritt einer Temperatur ausgesetzt wurde, welche an sich nicht hoch genug war, um eine Ueberhitzung herbeizuführen.

Solchem Stahle wurde der Kohlenstoffgehalt an der Oberfläche ganz oder theilweise entzogen. Werkzeuge daraus werden beim folgenden Härten nicht hart genug oder bleiben ganz weich. Vermuthet man, dass Werkzeuge aus schwach verglühtem Stahle hergestellt werden, so wendet man beim Härten eines der vorbeschriebenen Härtemittel, am besten in Form einer Härteschmiere, an. Der Erfolg richtet sich nach dem Grade der Entkohlung beim Verglühen und ist stets zweifelhaft.

Abgestanden ist der Stahl, wenn derselbe beim Gebrauche wiederholt erhitzt und gehärtet und in Folge dessen spröde wurde, an Schneidekraft verloren hatte und beim Härten leicht reisst.

Andere Mittel zur Vermeidung dieser Erscheinung giebt es nicht, als die abgenutzte Schneide eines Werkzeuges bei der Neuherstellung derselben auf eine geringe Länge ganz zu entfernen.

Digitized by Google

Die Untersuchung der Fehler an gehärteten Werkzeugen.

Wenn bei der Controle gehärteter Werkzeuge Fehler wahrgenommen werden, so soll man die Ursache derselben sofort ermitteln, um sie an den folgenden Werkzeugen vermeiden zu können. Die Kunst des Härtens ist eine schwierige und erfordert grosse Uebung und Erfahrung, wenn sie mit Erfolg ausgeübt werden soll. Die Erfahrung erstreckt sich dabei nicht allein auf eine oberflächliche Kenntniss des in jedem Falle anzuwendenden Härteverfahrens, sondern auch auf die richtige Erkenntniss der Ursachen von Fehlern und die Wahl des Arbeitsganges, durch welchen dieselben vermieden werden können.

Der Werkzeughärter soll sich vor Beginn des Härtens klar darüber sein, welcher Vorgang hierbei zu beobachten ist, damit der Zweck erreicht werde, ohne voraussichtlichen Misserfolg und alle Vorbereitungen so treffen, dass die verschiedenen Operationen beim Härten ohne Aufenthalt vorgenommen werden können.

Wenn viele gleichartige Werkzeuge zu härten sind, so beginnt man die Härtung mit einem Stücke, welches sofort nach vorgenommener Härtung unter Wasser mittelst scharfer Bürste gereinigt und dann auf Härterisse und mittelst Schlichtfeile auf den Härtegrad untersucht wird. Zeigt die Härtung keinen Fehler, so kann sie auch an einem zweiten Stücke vorgenommen werden, dessen Untersuchung ergeben wird, ob das gewählte Härteverfahren zweckentsprechend ist und ob das Härten in rascher Folge fortgesetzt werden kann. Es soll dessenungeachtet nicht unterlassen werden, die Werkzeuge unmittelbar nach jedesmaligem Härten einer flüchtigen, einzelne Stücke auch einer eingehenden Controle zu unterziehen.

Kleine, zur Gänze gehärtete Werkzeuge, reissen bei Anwendung zu hoher Härtetemperatur schon während des Härtens; dem Fehler kann sofort begegnet werden.

An grösseren Werkzeugen erfolgt die Abtrennung der Ecken und Kanten meist ebenfalls schon im Härtebade, aber in einem späteren Stadium der Abkühlung, sodass man das

Digitized by Google

Werkzeug einige Zeit ruhen lassen muss, bevor man mit Sicherheit auf fehlerfreien Arbeitsvorgang schliessen und das Härten fortsetzen kann. Es kann sonst vorkommen, dass bei der später folgenden Controle alle gehärteten Stücke fehlerhaft gefunden werden.

So wie zu grosse Sicherheit in die richtige Wahl des Härtevorganges ohne gewissenhafte, sofort vorgenommene Controle sehr leicht einen Misserfolg herbeiführt, ebenso schädlich kann Unsicherheit und Zaghaftigkeit beim Härten sein. Die sogenannte Vorsicht geht dann soweit, dass man grössere Werkzeuge, um sie zu recht gleichmässiger Gluth zu bringen, stundenlang im offenen Feuer bratet und schliesslich doch noch in ungenügender Temperatur härtet. Es kommt vor, dass dieser Vorgang mehrere Male wiederholt wird, weil man auf diese Art keine Härte an das Werkzeug bringt und schiebt dann dem verwendeten Stahle die Schuld zu.

Diese Unsicherheit kennzeichnet den unerfahrenen Härter.

Die eingehende Controle an den beim Härten fehlerhaft gewordenen Werkzeugen vermehrt die Erfahrungen des Härters und lässt ihn bald die Ursachen und die Mittel zu deren Vermeidung erkennen.

Zur Orientirung bei der Controle mögen folgende Mittheilungen dienen:

1. Kleine Werkzeuge oder Werkzeuge von geringem Querschnitte, welche zum Theil gehärtet wurden, zeigen nach der Längsmitte verlaufende Härterisse, wenn sie zu hoch erhitzt waren, oder wenn eine vor dem Härten am Stahle befindliche Ungänze die Ursache für das Reissen war. Durch das Zerschlagen des gut abgetrockneten Werkzeuges legt man die Bruchflächen frei und vergleicht das Gefüge derselben mit einer Stahlprobe gleichen Querschnitts und gleicher Qualität, welche man vorsichtig zu Kirschröthe erwärmt, eingehärtet und dann zerbrochen hatte.

   Zeigt der Bruch am Werkzeuge gröberes Gefüge als an der Probe, so wurde die Härtung bei zu hoher Temperatur vorgenommen; ist das Gefüge ein feines, sind

Digitized by Google

die Seitenflächen des Härterisses rein, und nur von eingedrungenem Härtewasser benetzt, so kann die Wahl zu kalten Wassers, oder im Werkzeuge vorhandene, durch Ausglühen nicht entfernte Schmiedespannung die Ursache für den Misserfolg sein. Durch Anwendung wärmeren Wassers oder einer anderen Härteflüssigkeit (eventl. Oel oder Talg), oder durch vorsichtiges Ausglühen der Werkzeuge, behebt man den Fehler leicht.

Wenn die Flächen nach dem Härterisse ganz oder theilweise dunkel gefärbt (braunroth) erscheinen, so bildet ein Materialfehler die Ursache für den Misserfolg. Die dunkle Färbung im Bruche wurde durch Oxydation des Stahles bei der Erhitzung herbeigeführt.

2. Flache Werkzeuge, wie Messer u. s. w., oder zu breiter, scharfer Schneide ausgestreckte Werkzeuge, wie Meissel, Bohrer u. s. w., zeigen nach dem Härten an den Ecken und hinter der Schneide liegende Bogenrisse. Dieselben deuten auf ungleichmässige Erwärmung resp. Ueberhitzung der Ecken und Schneiden.
3. An grösseren Werkzeugen, welche zur Gänze gehärtet werden, trennen sich die Ecken, Kanten und Zähne während oder nach dem Härten ab. Zeigt der Bruch bei sonst richtigem Härteverfahren grobes Gefüge, so war eine theilweise Ueberhitzung die Ursache für den Misserfolg, bei feinem Gefüge jedoch unrichtige Abkühlung der Werkzeuge.
4. Aus dem Innern gerissene Werkzeuge waren unrichtig abgekühlt, wenn die blossgelegten Flächen des Risses durchaus zusammenhängendes homogenes Gefüge erkennen lassen. Wenn der Saugtrichter oder andere im Innern des Stahles vorhandene Ungänzen die Ursache für den Misserfolg waren, so ist dies an den blossgelegten Flächen des Risses leicht zu erkennen.
5. Wenn an symmetrisch geformten Werkzeugen ein einseitiges Vorkommen von Härterissen oder Abwerfen von Ecken u. s. w. wahrgenommen wird, so deutet dies stets auf ungleichmässige Erwärmung beim Härten.

Digitized by Google

6. Kantenrisse, welche senkrecht zu den Kanten stehen und zum Theile dunkelgefärbte, schwarze Seitenflächen zeigen, kommen nur an verbranntem Stahle vor.

   Ist das Gefüge des Stahles grob und von weissschimmernder Farbe, so wurde das Werkzeug beim Härten verbrannt; wenn das Gefüge grobkörnig und von geringem Glanze ist, so wurde der Stahl bei einer der Operationen vor dem Härten verbrannt.

7. Zeigen Werkzeuge nach dem Härten ungleichmässige Härte, so war die Erwärmung zum Härten ungleichmässig ausgefallen, oder die Abkühlung erfolgte ungleichmässig, wenn dasselbe in der Härteflüssigkeit nicht genügend bewegt, oder durch dieselbe einseitig stärker abgekühlt wurde. Werkzeuge, welche nur kurze Zeit abgekühlt, dann in Berührung mit den Gefässwandungen der Abkühlungsflüssigkeit erkalten gelassen wurden, werden an der Berührungstelle leicht ganz weich.

8. Wenn Werkzeuge einen gleichmässigen Grad zu geringer Härte zeigen, so ist die Ursache hierfür seltener in zu geringer Erwärmung, als in ungeeigneter Wahl der Abkühlungsflüssigkeit, vielleicht auch in zu geringer Menge derselben zu suchen.

   Bei der Wahl niederer Härtetemperatur und beim Härten grosser Werkzeuge wendet man schärfer wirkende Abkühlungsflüssigkeiten an und vermeidet mit Oel bedecktes Wasser, reines Oel oder Fett.

9. Weiche Flecke an gehärteten Werkzeugen entstehen bei Verwendung schwefelhaltiger Kohle zum Erwärmen derselben. Solche Flecke entstehen aber auch bei zu langsamem Eintauchen des glühenden Werkzeuges in die Abkühlungsflüssigkeit, wenn dieselbe emporgeschleudert wird und eine stellenweise unvollkommene Abkühlung herbeiführt.

10. Wenn gehärtete Werkzeuge über die ganze Oberfläche eine dünne Schicht zeigen, welche weich ist und sich durch die Feile leicht bis zu geringer Tiefe angreifen

Digitized by Google

lässt, so wurde das Werkzeug beim Härten zu langsam erwärmt und oberflächlich entkohlt. Solche Werkzeuge besitzen nach der Entfernung der weichen Haut durch Schleifen meist noch eine Härte, welche deren Verwendung zulässt, doch ist die Schneidkraft natürlich bedeutend geringer, als bei gut gehärteten Werkzeugen.

11. Diejenigen Werkzeuge, welche bei einer Operation vor dem Härten verglüht und stark entkohlt wurden, nehmen überhaupt keine Härte an. Das Bruchaussehen des Stahles lässt gegen die Ränder zu dunkle Streifen von dichtem, glanzlosem Gefüge erkennen.

12. Die Fehler, welche durch die Anwendung der beim Härten des Stahles zum Erfassen dienenden Werkzeuge herbeigeführt werden, sind auf Seite 79 erörtert.

In Fällen, wo man über die Art des anzuwendenden Arbeitsvorganges mit Rücksicht auf die Qualität, den Härtegrad des verwendeten Stahles und auf den Verwendungszweck im Unklaren ist, oder sich nicht sicher fühlt, das Richtige zu treffen, soll man von der Bezugsquelle des Stahles eine Härtevorschrift fordern.

Die sofort vorgenommene Controle an den gehärteten Werkzeugen lässt nur einen Theil der beim Härten oder den vorangegangenen Operationen begangenen Fehler erkennen. Die beim Gebrauche der Werkzeuge wahrnehmbaren Fehler beschränken sich meist auf Mängel in dem Härtegrade. Diese Mängel sind theils in unrichtiger Wahl des Härtegrades, theils in unrichtiger Härtung zu suchen. Wird die Schneidkraft eines Werkzeuges nicht genügend befunden, so kann hieran ebensowohl zu geringe, wie zu hohe, spröde Härte, die Schuld tragen. An spröde gehärteten Werkzeugen bricht die Schneide in microscopisch kleinen Partikelchen aus und wird bald stumpf. Der Eindruck ist derselbe, wie wenn zu weicher Stahl rasch stumpf wird. Wollte man den Fehler durch noch schärferes Härten, wie dies oft geschieht, gut machen, so erreicht man dadurch das Gegentheil. Schon das Abschleifen der oberflächlich spröderen Schicht genügt meist, um eine

Digitized by Google

bessere Schneidhaltigkeit des Werkzeuges zu erzielen. Bei neuerlicher Herstellung der Schneide wende man zum Versuche eine geringere Härtetemperatur und weniger scharfe Abkühlung an. Bleibt die Leistung des Werkzeuges ungenügend, so kann die Wahl zu geringen Härtegrades angenommen werden.

Dass bei Schneidwerkzeugen, welche aus hartem Stahle hergestellt wurden, die höchste erzielbare Härte nicht immer die höchsten Leistungen ergiebt, kann an folgenden, in Bismarckhütte vorgenommenen Versuchen wahrgenommen werden.

Zu denselben wurden mehrere Schneiden aus je ein und derselben Stahlstange hergestellt, die eine Hälfte vorsichtig aus heller Rothglühhitze in Wasser von 18° Celsius gehärtet und ohne weiteres Anlassen unter den genau gleichen Bedingungen erprobt. Die durchschnittliche Arbeitsleistung dieser Proben wurde auf die Zahl 100 reducirt. Die zweite Hälfte der Schneiden wurde zu weniger heller Rothgluth erwärmt, in Wasser von 18° Celsius bis zum Verschwinden aller Gluth gehärtet, dann in siedendes Wasser gesteckt und darin erkalten gelassen.

Die Arbeitsleistungen waren durchaus bessere und zwar:

Härtegrad der Schneide:	In Wasser scharf gehärtet:	In Wasser gehärtet, im siedenden Wasser angelassen:
No. 1. Stahl mit 0,85 % Kohlenstoff, Arbeitsleistung	100	112
No. 2. Stahl mit 1,32 % Kohlenstoff, Arbeitsleistung	100	118
No. 3. Specialstahl mit 1,5 % Kohlenstoff u. 4,5 % Wolfram, Arbeitsleistung	100	135

Digitized by Google

Die Erprobung fand auf geglühtem Gussstahl des gleichen Härtegrades statt, welchen die Schneiden hatten.

Man sieht aus den bis zu 35 % gesteigerten Arbeitsleistungen, dass durch einen geeigneten Arbeitsvorgang beim Härten ein namhafter Gewinn an Zeit und Leistung herbeigeführt werden kann. Ein häufig zu beobachtender Fehler an sehr harten Schneidwerkzeugen sind Risse, welche nach dem Abschleifen der zuerst abgenutzten Schneide an der Oberfläche entstehen und ein schalenförmiges Abblättern der obersten Stahlschicht herbeiführen, aber auch in den verschiedensten Richtungen durch das ganze Werkzeug gehen können.

Man schiebt diese Risse fehlerhaftem Stahle zu, irrt hierin aber meist, weil dieselben durch das Schleifen auf harten, schnell rotirenden Schmirgelsteinen entstehen, auch wenn dieselben nass laufen.

Diese Schmirgelsteine greifen die Oberfläche des Stahles an, erhitzen die angedrückte Fläche desselben plötzlich zu hoher Temperatur und führen daran eine Volumenänderung herbei, in deren Folge Risse entstehen. Das Kühlwasser wirkt an solchen Schmirgelsteinen durch rasche Abkühlung „nach“ dem Andrücken des Werkzeuges, während desselben bleibt es wirkungslos.

Die vorstehend beschriebene Erscheinung ist an besonders harten Schneidstählen häufiger zu beobachten, als an solchen geringerer Härte.

An Werkzeugen, welche unter hohem Drucke arbeiten, z. B. an Presswerkzeugen, deren Oberfläche mit Gravirung versehen ist, beobachtet man beim Gebrauche ein Ausbröckeln der scharfen Kanten. Diese Erscheinung deutet auf zu hohe Härte derselben, welche man durch kurz währendes Auflegen einer heissen Metallplatte vor dem Gebrauche leicht mildert.

Werkzeuge, welche während der Arbeit hochgradiger Erhitzung ausgesetzt sind, brechen an den zuerst erwärmten, arbeitenden Ecken und Kanten beim Arbeitsbeginn leicht aus. In Folge der Erhitzung wird eine oberflächliche Volumenveränderung am Stahle herbeigeführt; derselbe hat das Be-

Digitized by Google

streben, sich zusammenzuziehen, was durch die tiefer liegenden, noch kalten Schichten verhindert wird; es entstehen zahlreiche feine Risse; das Werkzeug bricht aus. Um diesen Fehler beim Gebrauche zu vermeiden, erwärmt man das Werkzeug vor der Benutzung um so höher, je grösserer Erhitzung es während der Arbeit ausgesetzt ist. Weniger beanspruchte Werkzeuge erwärmt man zu guter Handwärme, höher beanspruchte in siedendem Wasser zu durch und durch gleichmässiger Temperatur.

Der vorstehend empfohlene Vorgang gelangt an Stanzen und Schnitten sehr vortheilhaft zur Anwendung, sowie an Werkzeugen, welche durch Schlag und Stoss während der Arbeit erhitzt werden.

Durch unrichtiges, scharf begrenztes Härten der Werkzeuge wird kurzes Abbrechen derselben beim Gebrauche herbeigeführt; der Fehler ist dann leicht zu erkennen.

Die durch zu hohe oder durch zu plötzliche Beanspruchung herbeigeführten Nachtheile äussern sich meist durch eine Zertrümmerung der Werkzeuge oder der Schneiden daran, die Ursache hierfür ist leicht zu erkennen und zu vermeiden.

Ohne in eine weitere Erörterung der beim Härten, Anlassen und beim Gebrauche der Werkzeuge entstehenden Fehler und Mängel einzugehen, sei hier noch empfohlen, die beim Härten tadellos scheinenden, beim Gebrauche aber mangelhaften Werkzeuge einer eben so sorgfältigen Untersuchung zu unterziehen, wie wenn dieselben beim Härten fehlerhaft geworden wären. Diese Untersuchungen dienen zur Erweiterung der Erfahrungen des Härters.

Die Verbesserung der Festigkeitseigenschaften des Stahles.

Die Verbesserung der Festigkeitseigenschaften des Stahles hat den Zweck, demselben besondere Elasticität, Festigkeit oder Zähigkeit zu geben. In der grösseren Zahl der Fälle strebt man die Erzielung höchst erreichbarer Festigkeit und Zähigkeit an.

Digitized by Google

Wie in einem früheren Kapitel erwähnt, erleidet Stahl bei den verschiedenen Operationen des Härtens, Anlassens und durch die Bearbeitung verschiedene Aenderungen in der Zusammenhangskraft des Gefüges, durch welche die Zähigkeit und Festigkeit derselben bestimmt wird. Durch die Operation des Ausglühens von Stahl wird die Festigkeit vermindert, die Zähigkeit erhöht. Durch die Bearbeitung von Stahl in geringer Temperatur wird dessen Festigkeit erhöht, dessen Zähigkeit aber selbst bis zur Sprödigkeit vermindert.

In hoher Temperatur gewalzter oder geschmiedeter Stahl hat eine geringere Festigkeit und grössere Zähigkeit, als in niedriger Temperatur bearbeiteter Stahl. Wenn es an zu Constructionszwecken dienendem Stahle von Wichtigkeit ist, durchaus gleichmässige Festigkeitseigenschaften zu erzielen, so muss die Bearbeitung desselben in zuverlässig gleichmässiger Temperatur erfolgen. Stahl von etwas abweichender Beschaffenheit kann durch geeignete Anpassung der Bearbeitungstemperatur gleiche Festigkeitseigenschaften erhalten.

Durch die Operation des Härtens wird die Festigkeit nicht härtbaren Eisens wesentlich erhöht, die Zähigkeit vermindert. Härtbarer Stahl verliert an Festigkeit und alle Zähigkeit; er wird spröde.

Durch die Operation des Anlassens wird die Festigkeit und Zähigkeit gehärteten Stahles bis zu einer gewissen Grenze erhöht.

Wird das Anlassen über die graue Anlassfarbe hinaus bis zur Härtetemperatur fortgesetzt, so durchschreitet der Stahl verschiedene Stadien der Festigkeit, welche bis zu einer bestimmten Anlasstemperatur wächst, dann allmählich sinkt, bis sie bei Erreichung vollständiger Glühtemperatur den geringsten Grad erreicht hat.

Die Zähigkeit des Stahles wächst hierbei constant.

Wenn man Stahl härtet und dann zu verschiedenen Temperaturen erwärmt und erkalten lässt, so wird derselbe verschiedene Grade von Festigkeit und Zähigkeit besitzen.

Aehnliche Erscheinungen kann man an Stahl, welcher aus der Härtetemperatur in Flüssigkeiten von verschiedenen Wärme-

Digitized by Google

graden abgekühlt wurde (z. B. in kochendem Wasser und in geschmolzenem Blei) wahrnehmen.

Die meisten brauchbaren Verfahren, die Festigkeitseigenschaften des Stahles durch eine geeignete Combination von Härten und Wiedererwärmen zu verbessern und zu regeln, sind patentirt und stehen bei der Herstellung stählerner Waffen, z. B. von Kanonenrohren, in practischem Gebrauche, in grösstem Umfange jedoch bei Herstellung von hoch beanspruchten Maschinentheilen, Eisenbahnmaterial u. s. w.

Die Anwendung des Verfahrens bedingt die Anlage geeigneter Einrichtungen und umfangreiche Controle der erzielten Festigkeitseigenschaften auf Maschinen, welche zur Materialprüfung dienen.

Für die Werkzeugdarstellung und deren Anwendung haben die Verfahren zur Verbesserung der Festigkeitseigenschaften des Stahles nur nebensächliche Bedeutung; dieselben werden durch das Ausglühen, Härten und Anlassen des Werkzeuges unbewusst ausgeübt.

Digitized by Google

Digitized by Google

Anhang.

In Betrieben, wo die Fabrikation von Werkzeugen in grösserem Umfange vorgenommen wird, handelt es sich meist um die Massenherstellung gleichartiger Fabrikate. Die Einrichtungen, welche den verschiedenen Operationen beim Schmieden, Härten, Anlassen u. s. w. dienen, sind feststehende; die Arbeitsmethoden durch die Erfahrung und die Nothwendigkeit, jeden Ausfall in der Fabrikation vermeiden zu müssen, geschaffen, und meist auch von durchaus richtiger, an manchen Stellen sogar von mustergiltiger Auswahl. Das Gleiche hat Gültigkeit in Bezug auf die Geschicklichkeit und Uebung jener Arbeiter, welche die verschiedenen Operationen der Werkzeugdarstellung vornehmen und deren Aufmerksamkeit durch zweckentsprechende Arbeitstheilung in geringem Umfange in Anspruch genommen wird.

Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn man an den Werkzeugschmied oder Schlosser täglich, ja stündlich, andere Anforderungen in Bezug auf die Herstellung von Werkzeugen stellt, wie dies in Betrieben der Fall ist, in denen die erzeugten Werkzeuge zur Erhaltung desselben dienen und wo vielerlei verschiedene Werkzeuge herzustellen sind.

In solchen Betrieben, wie Hüttenwerken, Maschinenfabriken, Constructionswerkstätten u. s. w. hängt der rasche und ununterbrochene Fortgang der Arbeit nicht zum Geringsten von der tadellosen Herstellung der Werkzeuge ab. Die Ansprüche, welche dann an die mit der Herstellung derselben betrauten

Digitized by Google

Meister und Arbeiter gestellt werden, sind sehr vielseitige und erfordern umfangreiche Kenntnisse, sowie diejenigen Einrichtungen, durch welche vielseitigen Ansprüchen genügt werden kann. In der Praxis trifft man solche Einrichtungen selten an, häufig sind dieselben von einer Ursprünglichkeit, welche der Darstellung leistungsfähiger Werkzeuge von grösserem Schaden als Nutzen ist. Der Trost, dass man sein Auslangen damit findet, kann über unzweckmässige Betriebseinrichtungen und dadurch herbeigeführten unöconomischen Betrieb nur hinwegtäuschen.

Die Einrichtungen, welche den verschiedenen Operationen bei der Werkzeugdarstellung, soweit dieselben auf die Behandlung des Stahles bei der Erwärmung und beim Härten Bezug haben, sind in den vorhergehenden Kapiteln der Hauptsache nach erörtert.

Der bei diesen Operationen zu beobachtende Arbeitsvorgang ist von der Qualität, resp. Härte des Stahles und dem Verwendungszwecke des Werkzeuges abhängig.

In Folgendem ist der Arbeitsvorgang beim Schmieden, Glühen, Härten und Anlassen einer Anzahl häufig dargestellter Werkzeuge in kurzer Erläuterung vorgeführt.

1. Handmeissel.

Anzuwendende Stahlqualität: Für Schlossermeissel auf harte Materialien, bei welchen es auf Schneidhaltigkeit bei Anwendung wenig starker Schläge mit dem Handhammer ankommt, ist mittelharter Stahl angebracht.

Zu Luftdruckmeisseln ist harter Stahl zu verwenden.

Zu Meisseln, welche auf weiche Materialien bei Anwendung scharfer Schläge mit schweren Hämmern verwendet werden, ist sehr zäher Stahl anzuwenden, ebenso zu Meisseln, welche bei lang und scharf ausgestreckter Schneide zur Anwendung kommen.

Schmieden: In höchstens hellrother Gluth.

Härten: Erwärmung zu Kirschröthe, welche sich auf etwa 15—20 mm hinter die Schneide erstreckt, dann in

Digitized by Google

allmählichem Uebergange nach rückwärts verläuft. Eintauchen der Meisselschneide auf 20—30 mm Tiefe in Wasser von 18—20° C., herumzuführen, leicht auf- und abwärts bewegen, bis alle Gluth gelöscht ist.

Zum Anlassen wird der Meissel blank abgerieben, der Verlauf der Anlassfarbe verfolgt, nach Erscheinen der violetten oder blauen Farbe durch kurzes Eintauchen in Wasser (welches nach Bedarf wiederholt wird) oder durch Eintauchen in Oel oder in Seifenwasser fixirt.

Meissel, welche sehr zähe sein müssen, lässt man zweimal anlaufen; man reibt die zuerst erschienene Anlauffarbe ab und lässt nochmals an.

2. Schrotmeissel.

Anzuwendende Stahlqualität für Warmmeissel: Mittelhart, für Kaltmeissel: Zähe.

Schmieden, Anlassen und Härten wie bei Handmeissel.

Werden Schrotmeissel durch besonders starke Schläge hoch beansprucht und am Kopfe starke Bürstenbildung herbeigeführt, so wählt man der leichteren Reparatur des Kopfes wegen, gut schweissbaren Stahl und lässt die Schneide nur zu dunkelgelber oder braunrother Anlassfarbe anlaufen.

3. Nietensetzer.

(Zum Abschlagen von Nietenköpfen bei Demontirungen.)

Diese werden so wie Schrotmeissel behandelt.

4. Herz- oder Centrumbohrer auf Metalle.

Stahlqualität: Mittelhart bis hart.

Schmieden: Gute Kirschrothgluth, womöglich Anwendung des Holzkohlenfeuers.

Härten: Nach Erzielung gleichmässiger Kirschrothgluth, welche bis etwa 10 mm hinter die Schneide reicht und von da an allmählich verläuft, bei dünneren Bohrern vollständige Abkühlung in Wasser, Anlaufenlassen zu gelber Anlauffarbe

Digitized by Google

im Feuer durch Erwärmung des Werkzeuges hinter der Schneide.

Breite, starke Bohrer werden wie Handmeissel gehärtet und von rückwärts anlaufen gelassen — wenn der Wärmevorrath im Werkzeuge hierzu nicht ausreicht, durch Nachhilfe im Feuer.

5. Drehmesser und Hobelmesser.

Stahlqualität hart bis sehr hart.

Schmieden: Kirschrothgluth, ausschliessliche Anwendung der Holzkohle. Durch zu lange fortgesetzte Schmiedung wird der Stahl leicht zertrümmert, ebenso durch zu starke Hammerstreiche. Nach dem Schmieden sollen Dreh- und Hobelmesser stets erkalten gelassen werden.

Härten: Langsame Erwärmung bei Anwendung von wenig Gebläsewind zu knapper Kirschröthe, welche ca. 20 mm hinter die Schneide reicht, von da an allmählich verläuft, Ablöschen der Gluth im Wasser, durch Eintauchen auf ca. 30 mm Tiefe, Herumführen, Auf- und Abwärtsbewegen, nach erfolgter Abkühlung abreiben und zu ganz hellgelber Anlauffarbe anlaufen lassen, dann durch wiederholtes kurzes Eintauchen in warmes Wasser langsam abkühlen.

6. Walzendrehmesser

von nebenstehendem Querschnitt.

Stahlqualität: Sehr hart, Specialstahl.

Schmieden: Cannelirte Walzendrehmesser werden von Profilstahl abgestochen oder aus dem Vollen gefraist.

Härten: Die beanspruchte Härte ist höchste erzielbare Glashärte, welche durch Anlassen nicht gemildert wird.

Die Erwärmung zum Härten soll nicht im offenen Feuer, sondern womöglich in der Muffel oder in einem Härteofen vorgenommen werden und anfänglich langsam bis zur Erzielung dunkler Kirschröthe, dann rasch bis zu nicht zu heller Kirschröthe erfolgen. Sobald das Werkzeug gleichmässig

Digitized by Google

helle Kirschrothgluth zeigt, ist es in reinem Wasser, besser in Salzwasser oder in angesäuertem Wasser bis zum völligen Erkalten abzukühlen.

Das kalt gewordene Messer legt man darauf in heissen Sand oder in heisses Wasser und lässt es in diesem langsam erkalten. Die Gefahr des Reissens für zur Gänze gehärtete, cannelirte Drehmesser ist sehr gross, das Reissen kommt häufig vor, lässt sich aber mit Sicherheit nicht vermeiden.

7. Gewindebohrer.

Stahlqualität: Zu kleinen Bohrern zäh bis zähhart, bei grossen Bohrern zähhart bis mittelhart.

Schmieden: Gewindebohrer werden aus dem Vollen gedreht und gefraist.

Härten: Einzelne Gewindebohrer werden im offenen Holzkohlenfeuer zum Härten erwärmt, indem man die Holzkohle in grösserem Umfange mit viel Wind zur Gluth bringt, den Wind abstellt und die Bohrer in der erzielten ruhigen Gluth zu dunkler Kirschröthe erwärmt. Die weitere Erwärmung zur Härtetemperatur erfolgt rasch bei Gebrauch des Gebläses.

Fast cylindrische Bohrer taucht man mit dem Gewindetheile, stark conische Bohrer mit dem Kopfe voran senkrecht in das Wasser, kühlt letztere ganz ab, während erstere soweit zurückgezogen werden, dass der Kopf etwas weicher bleibt. Sobald die Gluth an den Bohrern abgelöscht ist, werden dieselben aus dem Wasser gezogen, dasselbe verdampft noch an der Oberfläche rasch, dann von Innen zu gelber bis brauner Anlauffarbe angelassen und schliesslich ganz abgekühlt.

Wenn kleine Gewindebohrer in grösserer Zahl zu härten sind, so packt man dieselben in eine Blechkiste zwischen Holzkohlen- und Lederkohlenmehl ein und erwärmt sie so, wie vorbeschrieben; in gleicher Weise nimmt man die Härtung der einzeln aus der Kiste genommenen Bohrer vor.

Grosse Gewindebohrer (von ca. 2" aufwärts) können im offenen Feuer nur nach langem Braten zur Härtetemperatur gebracht werden, eine oberflächliche Entkohlung und ein Weich-

Digitized by Google

bleiben der Zähne kommt dabei häufig vor. Um diesem Uebelstande vorzubeugen, erwärmt man dieselben zum Härten im Härteofen, nachdem man die Zähne durch eine Härteschmiere geschützt hatte, oder die Erwärmung zur Härtung erfolgt in der Muffel.

Kann die Erwärmung im offenen Feuer nicht umgangen werden, so ist die Einpackung zwischen Kohle oder Klauenmehl in einer Blechkiste anzuwenden. An grossen Stücken würden beim Anlassen von Innen die Zähne zu spät von der vordringenden Wärme getroffen werden, weshalb man die Werkzeuge möglichst tief abkühlt, dann in heissem Sande oder heissem Wasser langsam erkalten lässt, um ein Abtrennen der Zähne und Ecken möglichst zu vermeiden.

Wünscht man kleine Gewindebohrer nicht schon während des Härtens anzulassen, so legt man dieselben nach der Abkühlung ebenfalls sofort in heissen Sand oder in heisses Wasser.

Das Anlassen nimmt man dann durch Erwärmung am Kopfe in einer matt brennenden Gasflamme oder in einer Weingeist-(Spiritus-)Flamme vor.

8. Gewindebacken.

Stahlqualität: Wie an Gewindebohrern.

Härten: Die Erwärmung zum Härten erfolgt genau so wie an Gewindebohrern, das Härten und Anlassen wie folgend beschrieben.

Die Form der Gewindebacken gestattet das Anlassen von Innen nicht, weshalb dieselben beim Härten ganz abgekühlt werden müssen. Um die Gefahr des Reissens beim Härten zu vermindern, kühlt man in milde härtender Abkühlungsflüssigkeit, in geschmolzenem Talg, ganz ab, oder in Wasser bis zum Verschwinden aller Gluth, worauf man das Werkzeug in Oel vollständig erkalten lässt.

Das Anlassen nimmt man bei schärfer gehärteten Backen zu braunrother, bei milde erfolgter Härtung zu gelber Anlauffarbe vor, indem man die Backen auf schwaches Holzkohlenfeuer, besser auf glühende Eisenstücke, legt.

Digitized by Google

9. Reibahlen.

Stahlqualität: Wie an Gewindebohrern.

Härten: Wie an Gewindebohrern.

10. Metall-Spiralbohrer.

Stahlqualität: Mittelhart bis hart.

Härten: Das Erwärmen und Härten wird, wie an Gewindebohrern, der gleichmässigen Erwärmung wegen jedoch in der Muffel, im Härteofen oder im geschmolzenen Blei (Salzen) vorgenommen. Die Schwierigkeit beim Härten des ganzen Spiralbohrers liegt darin, dass sich derselbe dabei nicht stark oder gar nicht verziehen soll.

Man beugt einer ungleichmässigen Erwärmung beim Härten aus dem offenen Feuer (sofern dies nicht zu umgehen ist) dadurch vor, dass man den Bohrer nur zu $^1/_3$ bis $^1/_2$ der Länge härtet, wenn nicht ganz tiefe Löcher damit herzustellen sind. Die Erwärmung erfolgt dann auf die geringere Länge zu gleichmässiger, nach rückwärts allmählich verlaufender Härtetemperatur.

Das Abkühlen nimmt man durch Eintauchen (senkrecht) in möglichst tiefem Gefässe vor, wobei man den Bohrer bei drehender Bewegung auf- und abwärts bewegt. Durch seitliches Herumführen würde derselbe leicht krumm werden, in Folge ungleichmässig einseitiger Abkühlung.

Die vollständig erkalteten Bohrer lässt man gelb anlaufen und richtet sie in der Anlaufwärme unter der Schraubenpresse gerade.

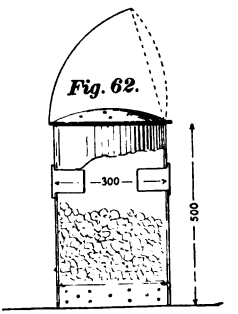


Fig. 62.

Als Abkühlungsflüssigkeit verwendet man gesättigte Kochsalzlösung, auch solche von Soda oder Salmiak.

Das Anlassen nimmt man auf erhitztem Sande vor, oder über einem milde glimmenden Holzkohlenfeuer, welches man, wie in Fig. 62 scizzirt, leicht herstellen kann.

Digitized by Google

11. Kanonenbohrer.

Stahlqualität und Härten wie an Spiralbohrern.

12. Fraiser.

Stahlqualität: Zu gewöhnlichen Fraisern auf weiche Metalle zähhart bis mittelhart; zu hoch beanspruchten Fraisern auf harte Metalle mittelhart bis hart; zu wenig beanspruchten Fraisern complicirter Form auf Holz zäh bis weich.

Härten: Zapfen- und Schlitzfraiser werden wie Gewindebohrer oder Reibahlen gehärtet.

Kleine Fraiser erwärmt man in der Muffel, welche man, wie in Fig. 3 scizzirt, in das offene Feuer einbaut, oder besser im Härte- oder Muffelofen. Sind mehrere Fraiser zu härten, so packt man dieselben, wie bei Gewindebohrern beschrieben, in eine Blechkiste, welche man zur Härtetemperatur erwärmt.

Die einzelnen Fraiser werden durch Eintauchen in Wasser und durch Herumführen darin vollständig abgekühlt, dann in heissen Sand gelegt und in diesem vollständig erkalten gelassen.

Das Anlassen nimmt man auf glühenden Eisenstücken geringeren Durchmessers vor, oder mittelst eines durch die Oeffnung gesteckten glühenden Dornes. Anlauffarbe an der Bohrung violett, an den Zähnen braunroth.

Grosse Fraiser, welche flache Form haben, (bis ca. ein Drittel des Durchmessers zur Dicke) härtet man in gleicher Weise, erwärmt dieselben jedoch nur im Härteofen, (auf untergelegten Blechen) besser aber in der Muffel. Die Zähne schützt man durch eine Härteschmiere oder, bei ungleichmässiger Erwärmung, durch Aufstreuen von Härtepulver.

Gestattet die Form von Fraisern (z. B. Planfraiser) den Schutz durch Blechbeilagen, so soll man diese verwenden. Das Anlassen erfolgt in gleicher Art, wie bei kleinen Fraisern.

Grosse oder dicke Scheibenfraiser, bei welchen die Zähne an den Seitenflächen fortsetzen, sind dem Abwerfen derselben beim Härten stark ausgesetzt, wenn die Erwärmung nicht besonders vorsichtig geschah. An solchen Fraisern kühlt man

Digitized by Google

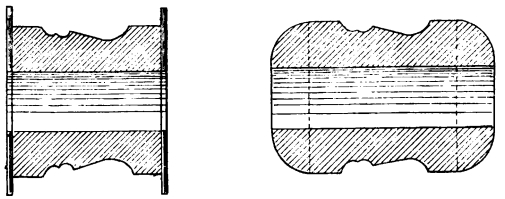
nicht zu lange ab, sondern erwärmt dieselben möglichst bald von Aussen durch Eintauchen in heisses Wasser oder durch Bedecken mit heissem Sand. Einer zu hohen Wiedererwärmung beugt man durch Controle und nochmaliges, kurz währendes Abkühlen vor.

Grosse Fraiser, deren Dicke grösser ist als deren Durchmesser, stellt man selten aus einem Stücke her, sondern theilt dieselben, wie auf Seite 72 beschrieben. Das Härten solcher Fraiser bereitet besondere Schwierigkeiten und ist, wie vorbeschrieben, vorzunehmen.

Profilfraiser werden meist mit hinterdrehten Zähnen hergestellt; man trachtet durch zweckentsprechende Theilung langer Fraiser dem Reissen beim Härten vorzubeugen.

Profilfraiser, an welchen, wie in Fig. 63 dargestellt, die Zähne scharfe Ecken gegen die Seitenflächen bilden, schützt

Fig. 63.



man durch Blechbeilagen gegen das Abreissen derselben oder, indem man den Zähnen, wie in gleicher Scizze dargestellt, einen bogenförmigen Verlauf giebt, wenn der Verwendungszweck des Fraisers dies zulässt.

Bei der Erwärmung ist den scharfen Ecken peinlichste Aufmerksamkeit zu widmen und deren Abkühlung durch Bestreuen von Härtepulver recht oft vorzunehmen.

Selten verwendete hohle Fraiskörper sind mittelst Wasserstrahl, welchen man im Hohlraum kräftig circuliren lässt, zu härten.

Digitized by Google

Als Abkühlungsflüssigkeit für Fraiser wählt man wiederholt gebrauchtes Härtewasser, Salz- oder Salmiaklösung. Bei grossen oder sehr complicirten Fraisern bedeckt man das Härtewasser mit einer Oelschicht. Wenn die Zähne an grossen Fraisern geringen Querschnitt haben (auch geringe Höhe), so vermeidet man die Anwendung einer Oelschicht, weil die Zähne sonst leicht weich bleiben.

Holzfraiser sind meist Profilfraiser von complicirter Form, welche ihrer Form nach schwierig zu härten sind, wenn man am Werkzeuge volle, durch nachträgliches Anlassen gemilderte Härte wünscht.

Man beansprucht an Holzfraisern selten höhere Härte und Schneidhaltigkeit, als an Holzbearbeitungswerkzeugen, im Allgemeinen also nicht mehr, als gute Federhärte.

Häufig stellt man Holzfraiser aus sehr hartem Stahle her, und verwendet dieselben in ungehärtetem Zustande mit gutem Erfolge. Der leichteren Bearbeitbarkeit wegen wählt man jedoch weichen oder gut härtbaren Stahl hierzu.

Wurde gut härtbarer, zäher Stahl angewendet, so ist es besser, denselben in mild härtender Abkühlungsflüssigkeit zu härten und ohne weiteres Anlassen zu verwenden, als ihm volle Härte zu geben und ihn dann anzulassen.

Man härtet solche Fraiser nach gleichmässiger Erwärmung zu Kirschrothgluth in Oel oder in Talg und lässt sie darin erkalten.

Weniger bekannt ist das Verfahren, Holzfraiser aus härterem Stahl in geschmolzenen Metallen abzukühlen. Man verwendet hierzu geschmolzenes Blei (334°), Zinn (228°), Zink (412°) oder eine Mischung von bekannter Schmelztemperatur, z. B.

8 Theile Blei,
4 „ Zinn,

welche bei 230° Celsius schmilzt.

Den zu gleichmässiger heller Kirschröthe erwärmten Fraiser taucht man, wie beim gewöhnlichen Härten, in das geschmolzene

Digitized by Google

Metall, lässt ihn kurze Zeit darin und kühlt dann im Wasser rasch ab.

So gehärtete Fraiser besitzen eine gute, zähe Härte, welche eine zur Bearbeitung von Holz ausreichende Schneidhaltigkeit herbeiführt.

Wenn eine grössere Zahl von Fraisern in geschmolzenen Metallen abgekühlt werden soll, so ist zur Herbeiführung eines gleichmässigen Erfolges stets gleiche Temperatur des Metalles nöthig. Man controlirt dieselbe mittelst des Pyrometers.

13. Rohrfraiser.

Stahlqualität: Zähhart bis mittelhart.

Härtung: Innenfraiser härtet man wie Reibahlen, Aussenfraiser werden unter dem fallenden Wasserstrahl, welcher in der Hohlung auftrifft, gehärtet.

14. Rohrschneidmesser.

Stahlqualität: Zähhart bis zäh.

Härten: Nach gleichmässiger Erwärmung zu Kirschrothgluth werden dieselben in Oel gehärtet und ohne weiteres Anlassen verwendet.

15. Döpper.

(Schellhämmer, Schelleisen.)

Stahlqualität: Weich.

Härten: Kleine Döpper werden wie Schrotmeissel gehärtet, grosse Döpper härtet man unter dem Wasserstrahle, welchen man in die Hohlung leitet.

Das Anlassen nimmt man wie an Hand- oder Schrotmeisseln vor, bei geeigneter Stahlqualität unterbleibt dies ganz.

16. Hämmer.

(Hand-, Niet-, Vorschlaghämmer u. s. w.)

Stahlqualität: Man wählt hierfür meist Stahl geringer Härte, welcher beim Härten nicht angelassen zu werden braucht.

Digitized by Google

Härten: Lange Hämmer, bei welchen die Bahnen einzeln erwärmt werden können, ohne dass die Hitze die schon gehärtete Bahn erreichen kann, erwärmt und härtet man wie Schrotmeissel an jeder Bahn für sich.

Kurze Hämmer, welche man zur Gänze erwärmen muss, um sie härten zu können, werden zuerst an der schmalen Bahn gehärtet, indem man dieselbe 30 bis 40 mm tief in das Wasser taucht, zur Erzielung verlaufender Härte etwas zurückzieht und dann gänzlich abkühlt. Die breite Bahn behält genügend Wärme, um in gleicher Weise im aufsteigenden Wasserstrahle gehärtet werden zu können. Die gehärtete schmale Bahn kühlt man gegen das Nachlaufen durch Auflegen nasser Lappen. Wenn man die breite Bahn unter fallendem Wasserstrahl härtet, so taucht man die gehärtete schmale Bahn mittlerweile in ein untergestelltes Gefäss mit Wasser.

Während des Härtens der beiden Hammerbahnen hat der mittlere Theil so viel Wärme verloren, dass derselbe durch wiederholtes kurzes Eintauchen abgekühlt werden kann.

17. Hammergesenke.

(Hammereinsätze und Kerne.)

Stahlqualität: Sehr zäh bis hart, je nach dem Verwendungszwecke, resp. der Beanspruchung.

Härten: Hammereinsätze mit flachen Bahnen oder Erhöhungen daran werden zum Härten im offenen Schmiedefeuer so erwärmt, dass die zu härtende Bahn zuletzt erhitzt wird. Man bringt den Einsatz in das Schmiedefeuer, welches durch Aufgabe von viel Brennstoff und Gebrauch des Gebläsewindes in gleichmässige, umfangreiche Gluth gebracht wird. Das Gesenk wird mit dem Fusse dem Windstrom entgegen in das Feuer gebracht, der Wind soweit abgestellt, dass eben die Gluth erhalten wird und nun langsamer Erwärmung überlassen.

Sobald hierbei gleichmässig dunkle Kirschrothgluth am ganzen Werkzeuge erreicht ist, wendet man dasselbe und er-

Digitized by Google

hitzt die Bahn rasch zu gleichmässiger Härtetemperatur, wobei man beachtet, dass die Ecken am Gesenke nicht überhitzt werden, weil dieselben beim folgenden Härten sonst leicht abspringen.

Während der Erwärmung schabt man den an der Bahn gebildeten Glühspahn ab und bestreut dieselbe mit einem, der Oxydation entgegenwirkenden Härtepulver.

Das genügend erwärmte Werkzeug härtet man nun, indem man dasselbe mit der Bahn nach abwärts auf Unterlagen in ein Gefäss legt, in welches das Wasser in starkem, aufsteigendem Strahle eintritt. Siehe Fig. 47 und 50.

Man taucht das Gesenk hierbei 30—40 mm tief so lange in das Wasser, bis der aus demselben reichende Theil nur noch Braunröthe zeigt, zieht es dann bis auf 15—20 mm zurück, um einen allmählichen Uebergang der Härte zu erzielen, und lässt es völlig erkalten.

Dieser Vorgang erfährt eine Aenderung, wenn das Gesenk anstatt aus mildem, aus hartem Stahle erzeugt ist.

Man unterbricht dann das Härten nach erfolgter Abkühlung der Bahn, hebt das Gesenk wieder aus dem Wasser, reibt die Oberfläche desselben blank, und lässt zu gelber bis braunrother Anlauffarbe von Innen anlaufen, worauf man in der vorbeschriebenen Art weiter abkühlt.

Wenn das verwendete Gesenk an der Bahn tiefe Gravirungen enthält, so kann dasselbe in aufsteigendem Wasser nicht gehärtet werden, weil es sonst in den Vertiefungen leicht weich bliebe. Man härtet dasselbe daher unter dem fallenden Wasserstrahle, welchen man mittelst Brause von geeigneter Form und Grösse über die ganze Fläche gleichmässig vertheilt. Mit Vortheil verwendet man eine Brause, welche durch zwei Zuflussrohre gespeist wird. Das Wasser muss natürlich unter starkem Drucke zuströmen. Sobald die Härtung genügend weit fortgeschritten ist, um das Anlassen vornehmen zu können, stellt man den Wasserzufluss ab, lässt die Bahn anlaufen und setzt die Abkühlung bis zum Erkalten wieder fort.

Digitized by Google

Für sehr schnell gehende Hämmer, welche mit schwachem Schlage arbeiten, und für Einsätze mit ganz schmalen Bahnen, ist die Anwendung harten Stahles gerechtfertigt. Zu Einsätzen mit breiten Bahnen, Gesenken und bei Beanspruchung durch starke Schläge verwendet man möglichst zähen Stahl. Gesenke aus hartem Stahl sind dem Zerreissen beim Härten in höherem Grade unterworfen, springen auch oft während der Arbeit.

Häufig sind auch Fehler beim Gebrauche, wenn die Gesenke schlecht eingesperrt sind, so dass dieselben auf einander schief auftreffen oder wenn man verabsäumte, dieselben vor jedesmaligem Gebrauch durch und durch gut anzuwärmen.

Zeigen sich bald nach Beginn der Arbeit an der Oberfläche der Gesenke feine, senkrecht zu den Kanten verlaufende oder kreuz und quer liegende Risse, so liegt die Schuld meist an zu wenig tief reichender Härtung. Der Stahl unter der harten Oberfläche wird bald gestaucht, die härtere Oberfläche kann der Formveränderung nicht folgen, und zerreisst nach verschiedenen Richtungen.

18. Rund- und Kreisscheerenmesser

(Rollscheerenmesser).

Stahlqualität: Zäh.

Härten: Zum Härten werden solche Scheerenmesser genau so wie Scheibenfraiser erwärmt. Die Abkühlung wird in der Härteflüssigkeit bis zum völligen Erkalten vorgenommen, die gehärteten Messer dann in heisses Wasser oder in heissen Sand gelegt. Beim Anlassen ist darauf zu achten, dass die schneidenden Ränder eine ganz gleichmässig braunrothe Anlauffarbe erhalten.

19. Scheerenmesser.

Stahlqualität: Lange Scheerenmesser, welche vornehmlich zum Schneiden von Blechen dienen, und kurze, hoch beanspruchte Messer zum Kaltschneiden von Eisen und Stahl stellt man aus zähem Stahl her.

Mehr auf wirkliches Schneiden beanspruchte kleine Scheermesser stellt man aus zähhartem bis hartem Stahl her.

Digitized by Google

Warmscheermesser verwendet man meist in ungehärtetem Zustande.

Härten: Kleine Scheerenmesser erwärmt man zum Härten am sichersten im Härte- und Muffelofen. Bei der Erwärmung im offenen Feuer benützt man ein solches mit 2—3 Windformen und verwendet Holzkohle.

Schmale Messer erwärmt man nach und nach zu durchaus gleichmässiger Kirschrothgluth, wobei man beachtet, dass die Ecken daran nicht überhitzt werden, sonst springen dieselben beim Härten mit bogenförmigem Risse ab.

Das Härten nimmt man durch verticales Eintauchen derselben in Wasser vor. Oeffnungen, Schlitze, Schraubenlöcher u. s. w. verstampft man bei Anwendung harter Stahlqualitäten mit trockenem Lehm, bei Anwendung zähen Stahles ist dies nicht nöthig.

Breite, kurze Messer erwärmt man an der Schneide zu gleichmässiger Kirschrothgluth, welche nach rückwärts zu allmählich verläuft und härtet dieselben durch langsames Eintauchen in Wasser mit der Schneide voraus und lässt darin so weit erkalten, dass die Innenwärme zur Hervorrufung der purpurrothen bis violetten Anlauffarbe genügt, worauf man das Messer im Wasser vollständig erkalten lässt. Solche Messer aus sehr zähem Stahl können nach dem erfolgten theilweisen Härten in voller Härte angewendet werden, ohne dass man sie anlässt.

Die Härtung an diesen Messern kann auch vorgenommen werden, indem man dieselben zur Gänze erwärmt und abkühlt. Das Anlassen erfolgt dann durch Erwärmung des Rückens im Sande, in Blei oder im ruhigen Holzkohlenfeuer.

Bei langen Scheerenmessern bietet die Erwärmung grosse Schwierigkeiten, denn dieselbe muss besonders gleichmässig sein, wenn man dem Verziehen beim Härten vorbeugen will.

Am schwierigsten ist die Erwärmung im offenen Schmiedefeuer. Es sind hierzu Feuer mit mehreren nebeneinander liegenden Windformen nöthig und Anbringen eines Aufbaues wie in Fig. 2 scizzirt, um die Wärme besser zusammenzuhalten.

Digitized by Google

Man nimmt daher die Erwärmung sicherer in einem einfach hergestellten Holzkohlenofen, wie in Fig. 7 scizzirt, vor, worin man eine über das ganze Messer gleichmässig ausgedehnte Wärme leicht zu erzielen vermag.

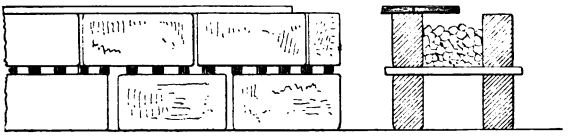
Man beobachtet hierbei, dass die Messer zuerst vom Rücken aus erwärmt werden und zum Schlusse erst an der Schneide, so dass sie hieran vor dem Abkühlen die höhere Temperatur haben.

Zum Härten erfasst man die Messer an den Enden und taucht dieselben mit dem Rücken voran in das Wasser und kühlt gleichmässig ab.

Das Anlassen nimmt man am einfachsten in geschmolzenem Blei vor, in welches man das Messer mit dem Rücken voraus taucht, oder in heissem Sand. Wenn beides nicht zur Hand ist, so behilft man sich dadurch, dass man zwei etwa 15 cm von einander abstehende Reihen Ziegel auf den Erdboden stellt, durch querüber gelegte Eisenstäbchen darauf einen Rost bildet und nun abermals zwei Reihen Ziegel darauf stellt.

Die Anordnung trifft man so, dass der Aufbau etwas länger als die Messer wird und schliesst denselben an den Enden durch quer gestellte Ziegel. Fig. 64 veranschaulicht denselben.

Fig. 64.



Den Rost beschickt man mit Holzkohle, welche am offenen Feuer in gleichmässige Gluth gebracht wurde und stellt die einzelnen Messer nach einander zum Anlassen mit dem Rücken voraus in dieselbe.

Digitized by Google

Durch Hin- und Herschieben während der Erwärmung gleicht man geringe Temperaturdifferenzen aus und verhindert ungleichmässiges Anlaufen durch feuchte Lappen, mittelst welcher man zu hoch erwärmte Stellen kühlt.

Sicherer geht man vor, wenn man die beschriebene Vorrichtung zum Anlassen der Scheerenmesser verwendet.

20. Maschinenmesser zum Papierschneiden, Lederspaltmesser, Holzhobel und Holzschneidemesser.

Stahlqualität: Zäh bis mittelhart.

Härten: Die Operationen beim Härten, Erwärmen und Anlassen sind die gleichen, wie beim Härten von Scheerenmessern.

Bei der Erwärmung ist zu beachten, dass man dieselbe vorsichtig genug vornehmen muss, um die scharfen Schneiden nicht zu überhitzen und sehr gleichmässig, um ein Verziehen beim Härten zu vermeiden. Das Richten dieser durchaus schwierig zu härtenden Messer geschieht beim Anlassen und zwar in der höchsten Anlasstemperatur.

Da diese Messer eine zähe, andauernde Schneidhaltigkeit auf durchwegs weichen Materialien haben sollen, aber nicht sehr hart sein müssen, so zieht man es meist vor, dieselben in Talg oder Fischthran zu härten, weil die Gefahr für das Verziehen und Reissen darin bedeutend geringer ist.

21. Stanzmesser

zum Ausstanzen von Leder (Sohlen und Absätzen), Papier, Pappe, Cartons u. s. w.

Stahlqualität: Gut schweissbarer Gussstahl oder Schweissstahl.

Härten: Zum Härten werden diese Messer am sichersten in der Muffel zu guter Kirschröthe erwärmt, zum Schutze der Schneiden vorher mit einer Härteschmiere bedeckt, und nach Erzielung gleichmässiger Härtetemperatur in Oel oder Talg, mit dem Rücken voran, abgekühlt.

Digitized by Google

Das Anlassen zu gelber bis violetter Anlauffarbe geschieht durch Aufstellen der Messer auf den Rücken im heissen Sande, Blei, oder auf glühenden Eisenplatten.

22. Circularmesser

(einfache, gerade und Tellermesser).

Stahlqualität: Zäh bis zähhart.

Härten: Kleine Circularmesser erwärmt man in der Muffel zu gleichmässiger Kirschröthe und härtet dieselben in Talg.

Das Anlassen erfolgt wie bei runden Scheerenmessern. Circularmesser von grossem Durchmesser erwärmt man zum Härten zu gleichmässiger Kirschrothgluth, wobei man beachtet, dass die Wärme am gebogenen Rande der Tellermesser womöglich zuletzt erzielt werde, und dass dieselbe recht gleichmässig sei, weil das Verziehen sonst unvermeidlich ist.

Zum Härten wählt man ein schmales, langes Gefäss mit seitlichen Ausschnitten zur Anbringung einer Kurbelwelle, auf welche man das zu härtende Messer steckt. Das Messer taucht hierbei so tief in die Abkühlungsflüssigkeit, als man die Abkühlung vornehmen will, und wird in derselben durch rasche Drehung gehärtet. Zur Erzielung eines gleichmässigen Ueberganges, vom gehärteten Rande gegen die Mitte zu, wählt man Wasser, welches mit einer entsprechend hohen Schicht Oel bedeckt ist, als Abkühlungsflüssigkeit.

23. Schnitte.

Stahlqualität: Für die Schnittobertheile stets etwas härter, als für die Untertheile, und zwar zähhart bis mittelhart, für die Untertheile zähhart bis zäh.

Schmieden und Glühen: Beim Schmieden der Schnitte und Stanzen ist jede Ueberhitzuug der arbeitenden Ränder und Kanten besonders schädlich, daher zu vermeiden. Das Glühen hat den Zweck, die Bearbeitung des Stahles zu erleichtern, soll aber, zur Vermeidung theilweiser Entkohlung der Oberfläche und Ränder, nur an den in der Kiste zwischen

Digitized by Google

Kohlenpulver oder Klauenmehl eingepackten Werkzeugen vorgenommen werden.

Härten: Beim Härten der Obertheile ist zu beachten, dass dieselben fast ausnahmslos an den Rändern beansprucht werden, welche beim Gebrauche ähnlich wie Scheerbacken wirken und daran eine zähe, anhaltende Schneidhaltigkeit besitzen müssen. Man erwärmt dieselben daher zum Härten anfänglich von rückwärts, sobald der ganze Obertheil gleichmässig dunkle Kirschrothgluth zeigt, den Vordertheil zu verlaufender Härtetemperatur.

Das Härten bewirkt man, so wie an Drehmessern, durch Abkühlen bis zu gewisser Tiefe (soweit der Obertheil Härte haben muss) und Anlaufenlassen von rückwärts aus dem glühenden Theile des Werkzeuges zu dunkelgelber bis violetter Anlauffarbe. Seltener kühlt man den ganzen Obertheil ab und lässt ihn durch neuerliche Erwärmung am rückwärtigen Theile anlaufen.

Die Untertheile (Matrizen), sind meist aus mildem Stahle hergestellt und von wenig hoher Form. Niedrige Matrizen erwärmt man zum Härten zu gleichmässiger Kirschröthe, wobei man die inneren schneidenden Kanten derselben zweckmässig durch Bestreichen mit einer Härteschmiere gegen Entkohlung oder durch Aufstreuen eines Härtepulvers gegen Ueberhitzung schützt. Die Matrize wird dann durch senkrechtes Eintauchen in die Härteflüssigkeit zur Gänze gehärtet.

Bei Anwendung sehr milden Stahles verwendet man die Matrize in voller Härte, bei härterem Stahle muss dieselbe angelassen werden. Dies geschieht mit Hülfe einer glühenden Eisenplatte, auf welche man die Matrize legt und nach Erscheinen der gelben Anlauffarbe an der Oberfläche fixirt.

Hohe Matrizen werden nicht zur Gänze gehärtet, sondern durch fallenden Wasserstrahl, welcher mit besonderer Kraft die Oberfläche und innere Oeffnung treffen muss. Der Arbeitsvorgang ist derselbe, wie bei Gesenken beschrieben.

Das bei Matrizen zu beobachtende Ausbröckeln der Kanten beim Gebrauche ist zu hoher Härte derselben zuzuschreiben;

Digitized by Google

die Bildung von feinen Rissen daran rührt von zu wenig tief reichender Härtung her.

24. Pressstempel.

Dieselben unterscheiden sich von Schnitten dadurch, dass dieselben nie schneidend wirken, sondern durch Druck auf dazwischen gelegte Metalle eine mehr oder minder scharfe Gravirung übertragen.

Stahlqualität: Mittelhart bis sehr hart und eigens zu diesem Zwecke dienende Specialqualitäten.

Härten: Die Beanspruchung von Ober- und Untertheil ist dieselbe, daher werden sie aus Stahl gleichen Härtegrades hergestellt; die Härtung erfolgt in gleicher Weise.

Bei der Erwärmung von Pressstempeln ist zu beachten, dass insbesondere die gravirte Oberfläche nicht entkohlt, noch von Glühspahn bedeckt werden darf.

Da diese Stücke jedoch meist grossen Querschnitt haben und zur Gänze gehärtet werden, so ist die Dauer der Erwärmung eine grosse und die Gefahr für die Entkohlung (Verglühung) dabei eben so gross, wie jene für die Bildung von Glühspahn daran.

Man umgeht diese Gefahren, indem man Pressstempel nie anders erwärmt, als in einer Kiste zwischen Horn- und Klauenspähnen eingepackt. Die bei der langen Dauer der Erwärmung zu stark cementirend wirkende Holz- oder Lederkohle vermeidet man.

Der Vorgang beim Härten selbst ist auf Seite 70 beschrieben.

25. Lochstempel und Lochmatrizen.

Stahlqualität: Für Lochmatrizen milden, zähen bis zähharten Stahl.

Für Lochstempel, welche auf dünne Metalle angewendet werden, also so wie Schnitte wirken, zähharten bis mittelharten Stahl; für Lochstempel, welche auf dicke Gegenstände aus

Digitized by Google

harten Metallen hoch beansprucht werden, mittelharten bis harten Stahl und diesem Zwecke dienende Specialqualitäten. Für das Schmieden und Härten von Lochmatrizen und in der Art der Schnitte beanspruchten Lochstempel hat das bei Schnitten Gesagte volle Geltung. Dagegen ist es nöthig, über die Behandlung hoch beanspruchter Stempel, wie solche z. B. bei der Herstellung von Eisenbahnmaterial zum Lochen von Laschen und Unterlagsplatten Verwendung finden, Einiges zu erwähnen.

Es ist besser, den arbeitenden Theil am Stempel anzudrehen und die schliessliche Form durch Befeilen zu geben, als denselben anzuschmieden. Beim Schmieden des Stempels wird leicht eine Ueberhitzung des höchst beanspruchten Theiles herbeigeführt und durch das hierbei meist zur Anwendung kommende Stauchen, zur Erzielung einer breiteren Angriffsfläche, eine Schädigung der Zusammenhangskraft im Gefüge herbeigeführt, welche ein concentrisches Abblättern des Stahles im Gebrauche zur Folge hat. Die Erwärmung der Stempel zum Härten soll im offenen Feuer bei ausschliesslicher Anwendung von Holzkohle, besser aber in der Muffel vorgenommen werden. Man erwärmt den dickeren Theil des Stempels zuerst, und wenn dieser Kirschrothgluth zeigt, erst den, mittlerweile von rückwärts warm gewordenen, beanspruchten Theil. Man vermeidet hierbei eine Ueberhitzung der Ecken und Kanten auf das Peinlichste und kühlt dieselben durch Betupfen mit feuchten Lappen oder durch Bestreuen mit Härtepulver, wenn sie zu früh oder zu hoch erwärmt wurden.

Zum Härten taucht man den Stempel vertical in das Härtewasser, so dass der dicke Theil auf 30—40 mm Tiefe mit abgekühlt wird, führt den Stempel bis zu vollständiger Abkühlung herum, zieht ihn heraus und lässt ihn aus dem dicken Theil heraus anlaufen. Man wählt die blaue Anlassfarbe; wenn der Stempel etwas hoch erwärmt, also recht scharf gehärtet wurde, so lässt man denselben 2 Mal anlaufen. Eine feine Schlichtfeile soll an der angelassenen Oberfläche eben ziehen. Beim Gebrauche erwärmen sich solche Stempel ganz bedeutend und fressen an, d. h., sie bedecken sich mit einer

Digitized by Google

fest angeschweissten Schicht des gleichen Metalles, welches gestanzt wurde, wenn man dieselben gar nicht, oder nur mit Wasser kühlte.

Man nimmt die Kühlung daher mittelst Oel vor.

Vor dem Gebrauche erwärmt man die Stempel auf stiller Kohlengluth durch und durch so stark, dass sich dieselben eben noch anfassen lassen, besser ist es, dieselben einige Zeit in heisses, oder kürzere Zeit in kochendes Wasser zu legen.

26. Ziehdorne,

zum Ziehen von Metallkapseln und Rohren.

Stahlqualität: Zähhart bis zäh.

Härten: Eine gleichmässige Erwärmung erzielt man nur in der Muffel leicht. Besonders zu empfehlen ist die Härtung aus geschmolzenen Salzen. (Siehe Seite 90.)

Das Härten erfolgt durch verticales Eintauchen in Wasser, welchem man mit Vortheil Salze beimengt, zur Gänze.

Das Anlassen geschieht durch eine Erwärmung des Kopfes in der Gasflamme, in der Weingeistflamme, oder durch Eintauchen in glühendes Blei.

27. Ziehringe.

Stahlqualität: Hart.

Härten: Zum Härten werden dieselben ganz erwärmt und die beim Gebrauche beanspruchten inneren Flächen des Ringes durch Anwendung von Härteschmiere und Härtepulver gegen Entkohlung geschützt.

Schmale Ringe härtet man durch Abkühlen im Wasser zur Gänze, breite Ringe mit enger Oeffnung härtet man, indem man einen kräftigen Wasserstrahl durch das Innere leitet.

28. Spurpfannen und Spurzapfen.

Stahlqualität: Mittelhart bis hart.

Härten: Spurzapfen härtet man an der beanspruchten Fläche wie Schnittobertheile, wenn die Fläche gross ist, unter

Digitized by Google

fallendem Wasserstrahle und lässt dieselbe hellgelb bis strohgelb anlaufen.

Spurpfannen härtet man zur Gänze, indem man dieselben mit der Oeffnung nach unten in stark aufsteigendem Wasserstrahle abkühlt. Ist die Oeffnung tief, so kühlt man unter kräftig fallendem Wasserstrahle.

Das folgende Anlassen nimmt man über still glimmendem Holzkohlenfeuer, in heissem Sande oder auf einer glühenden Eisenplatte vor.

29. Steinbearbeitungswerkzeuge.

Die Wahl der Stahlqualität für Steinbearbeitungswerkzeuge hängt nicht nur von der Art des Werkzeuges, sondern auch von der Härte des zu bearbeitenden Gesteins ab.

Die Mannigfaltigkeit der Werkzeuge ist sehr gross, deren Herstellung aber meist eine einfache und die Operationen beim Härten und Anlassen leicht und mit wenig Aufmerksamkeit durchführbar.

Da fast alle Steinbearbeitungswerkzeuge auf Schlag und Stoss beansprucht und selten zur Gänze gehärtet werden, so haben die beim Härten von Hand- und Schrotmeisseln und von Hämmern gegebenen Vorschriften auch für diese Geltung.

Bei Anwendung harten Stahles muss natürlich die Behandlung eine vorsichtige sein und jede Ueberhitzung vermieden werden.

30. Werkzeuge zur Nagelfabrikation.

Die zur Nagelfabrikation dienenden Werkzeuge sind den verschiedensten Ansprüchen unterworfen, welchen man durch Wahl der entsprechenden Stahlqualität und durch Anwendung des geeigneten Härteverfahrens Rechnung trägt.

Die den Operationen des Härtens und Anlassens dienenden Einrichtungen müssen mit um so grösserer Sorgfalt ausgewählt werden, als die Leistungsfähigkeit der Maschine von der Qualität des verwendeten Werkzeuges abhängig ist, und eine

Digitized by Google

gleichmässig gute Arbeitsleistung nur durch gleichmässig gutes Härten erzielt werden kann.

Die Mannigfaltigkeit der Beanspruchungen und der Verwendungszwecke gestattet es nicht, hier eingehende Vorschriften für das Härten der verschiedenen Werkzeuge zu geben, es sei daher nur auf die in dem vorliegenden Werkchen besprochenen Härtemethoden und dazu erforderlichen Einrichtungen verwiesen.

31. Kugeln.

Stahlqualität: Mittelhart bis hart.

Härten: Beim Härten von Kugeln, welche vornehmlich zu Kugellagern an schnellgehenden Maschinen dienen, ist vor Augen zu halten, dass dieselben eine reine, möglichst glasharte Oberfläche besitzen sollen.

Kleine Kugeln erwärmt man in der Muffel zu grösserer Zahl auf einmal und lässt dieselben in ein möglichst tiefes, mit Wasser gefülltes Gefäss fallen. Die Härtung erfolgt dabei sehr vollständig und leicht, ohne dass ein Reissen der Kugeln zu befürchten wäre.

Dagegen bieten grosse Kugeln manche Schwierigkeit beim Härten, ebensowohl in Bezug auf gleichmässige Abkühlung, als auch in Bezug auf das Reissen der von allen Seiten nach einem Punkte zu wirkenden Zugspannungen, welche sowohl ein schalenförmiges Abspringen der harten Schicht an der Oberfläche, als auch das Reissen aus dem Innern heraus zur Folge haben können.

Da grosse Kugeln beim Härten durch blosses Einwerfen in die Härteflüssigkeit ihre Wärme während des Versinkens nicht rasch genug verlieren und in Berührung mit der Gefässwandung ungleichmässig hart werden, so ist es nöthig, dieselben bei der Abkühlung in der Härteflüssigkeit zu bewegen.

Durch das Anfassen mit der Zange würde die Oberfläche eben so leicht Eindrücke, als an den erfassten Stellen auch ungleichmässige Härte erhalten. Man bedient sich daher

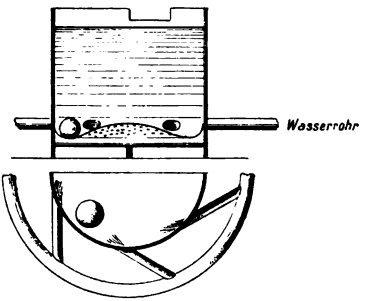
Digitized by Google

einer Zange, deren Maul aus ganz dünnem Eisen wie ein Korb gestaltet ist, mittelst welcher die erhitzte Kugel ohne Druck erfasst und beim Härten an allen Seiten mit der Abkühlungsflüssigkeit in Berührung gebracht werden kann. (Fig. 65.)

Fig. 65.

In anderer Weise kann man eine gleichmässige Abkühlung bewirken, indem man eine, wie in Fig. 66 dargestellte Einrichtung trifft.

Fig. 66.



Man bringt in einem Gefässe ca. 15 cm vom Boden entfernt einen siebartig durchlöcherten zweiten Boden an, welcher die scizzirte Form hat. 1—2 cm über demselben lässt man 4 oder mehr Rohre, welche Wasser unter grossem Druck in schräger Richtung zuführen, münden. Das Härtegefäss ist am oberen Rande mit einem Wasserablauf versehen; der Zufluss des Wassers ist abstellbar. Vor dem Härten öffnet man den Zufluss und wirft die glühende Kugel in das stark bewegte

Digitized by Google

Wasser, worin sie zu Boden sinkt und durch das zuströmende Wasser in steter Bewegung erhalten wird.

Die gehärteten Kugeln würden beim völligen Erkaltenlassen im Härtebade sehr viel Ausschuss durch Reissen ergeben, weshalb man dieselben, vor vollständiger Abkühlung des Innern, in heissen Sand, in das offene Feuer oder in heisses Wasser giebt und darin einen Ausgleich der Temperatur und der Härtespannungen herbeiführt. Vor dem Härten geschmiedeter (im Gegensatze zu Kugeln, welche aus dem Vollen gedreht sind) Kugeln muss zur Entfernung der Schmiedespannungen, welche beim Einstauchen der Ecken und Kanten der aus einem Cylinder oder Würfel gewonnenen Kugelform entstehen, ein Glühen derselben unbedingt vorangehen.

Das Glühen nimmt man dann in einer auf Seite 45 beschriebenen Art vor.

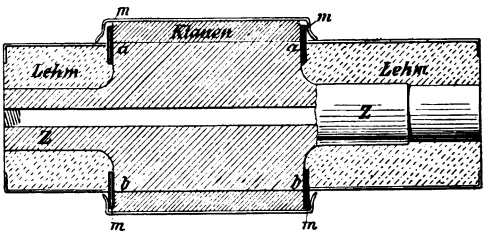
32. Walzen.

Das Härten von Walzen, welche aus sehr hartem Stahl hergestellt werden müssen, weil deren Oberfläche gleichmässige Glashärte besitzen soll, gehört mit zu den schwierigsten Aufgaben auf dem Gebiete des Härtens.

An dem folgenden Beispiele ist der Vorgang beim Härten einer grossen Walze beschrieben.

Die Gefahr des Reissens von Innen wurde durch Durchbohrung der Walze schon bei deren Herstellung herabgemindert. An der Walze wird die ganze Oberfläche *a—a*,

Fig. 67.



b—b (Fig. 67) hart gewünscht, die Zapfen *z—z* sollen möglichst weich und zähe bleiben.

Digitized by Google

Vor der Erwärmung giebt man den Zapfen *z—z* eine Umhüllung von Lehm oder Thon, welchen man zur besseren Bindung Kuhhaare und, um ein Abspringen in Folge der Schwindung beim Erwärmen hintanzuhalten, Chamotte, Graphit, Ziegelmehl von feuerfesten Ziegeln u. s. w. beimengt. Man stampft diese Mischung zwischen den Zapfen und ein darüber geschobenes Blechrohr von grösstem Durchmesser der Walze fest. Bei *m—m* ordnet man auf die Zapfen geschobene Blechscheiben, welche über den Rand der Walze hervorragen, an. Nun wird noch die Durchbohrung, welche an den Enden Schraubengewinde enthält, bis zu diesen durch trockenen Lehm verstampft.

Bei der Erwärmung der Walze, welche oft den Zeitraum einiger Stunden beansprucht, ist zu beachten, dass die Oberfläche in dieser Zeit ebensowohl der schädlichen Einwirkung der Verbrennungsgase, als der Entkohlung ausgesetzt sind, wenn man nicht für zweckmässigen Schutz sorgt. Hierzu wird die Walze in ein Blechrohr von etwas grösserem Durchmesser geschoben, der Zwischenraum mit Klauenspähnen oder mit Russ verstampft und die Ränder des Rohres umgebogen.

Nun kann die Walze in den am Wenigsten erhitzten Theil eines genügend breiten Flammofens gebracht und der langsamen Erwärmung überlassen werden. Man zieht zur Erwärmung einen Flammofen vor, weil andere Einrichtungen, z. B. bei Erwärmung durch Holzkohle und dergl. schwer zu treffen sind, wenn die Walze zur Erzielung gleichmässiger Temperatur gewendet und gedreht werden soll. Der verwendete Flammofen soll einen möglichst langen Herd haben zur Herbeiführung einer gegen die Feuerungsstelle zu allmählich gesteigerten Hitze.

Die Walze wird nach und nach der höheren Hitze entgegengerollt und um so öfter gewendet, je wärmer sie wird. Ist anzunehmen, dass dieselbe die geeignete Härtetemperatur erreicht hat, so wird ein Haken in das am Ende des Zapfens hergestellte Gewinde geschraubt, die Walze daran mittelst Kette aufgehängt, vom leicht zu entfernenden äusseren Blech-

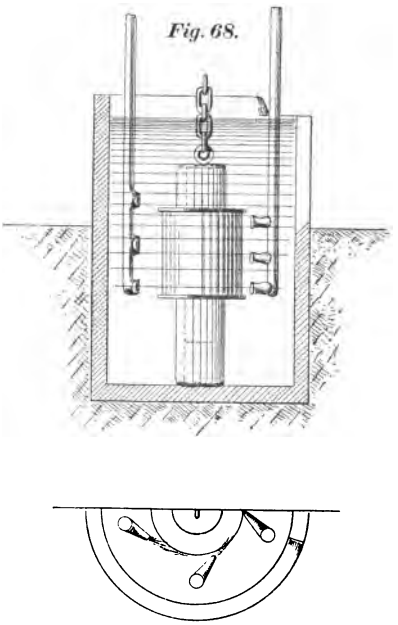
Digitized by Google

mantel befreit und mittelst Drahtbürste von anhaftenden Klauen rasch gereinigt. Nun wird die Walze in das nahe dem Ofen befindliche Härtebad getaucht.

Da es nicht möglich ist, eine Walze von grossem Durchmesser durch Bewegung im Wasser gleichmässig abzukühlen, so führt man eine kräftige Bewegung von diesem herbei und lässt die Walze ruhen.

Den Zweck erreicht man durch eine Anordnung, wie sie in Fig. 68 dargestellt ist. Man wählt hierzu ein Gefäss von

Fig. 68.



genügender Tiefe und 2—4fachem Durchmesser der Walze, in welches man Rohrleitungen führt, durch die Druckwasser in schräger Richtung zuströmt.

Digitized by Google

Die Oeffnungen der Rohre macht man breit und schlitzförmig und ordnet viele solcher in verschiedener Höhe vertheilt an, so dass das Wasser um die Walze herum in stark wirbelnde Bewegung versetzt wird. Die Art der Anwendung ist aus Fig. 68 ersichtlich.

Die Walze überlässt man einige Stunden hindurch der Abkühlung bei zuströmendem Wasser und darnach noch längere Zeit in ruhigem Wasser.

Digitized by Google

Sachregister.

Abgestandener Stahl, 119.
Abkühlung der Werkzeuge beim Härten und Einrichtung dazu, 76.
— unbeabsichtigte ungleichmässige, 77.
— beabsichtigte ungleichmässige, 79.
— in fliessendem Wasser, 82.
— in fallendem Wasser, 83.
— in steigendem Wasser, 85.
— von Hohlkörpern, 87.
Abkühlungsflüssigkeiten, 89.
— gasförmige, 95.
— Combination verschiedener, 95
Abkühlungsmittel, feste Körper als solche, 95.
Anlassen, Vorbeugung beim Härten zur Gänze, 68.
— des Stahles und Einrichtungen dazu, 96.
— von Innen, 96, 98.
— wiederholtes, 97.
— von Aussen, 99.
— langer Werkzeuge, 100.
— Zeitdauer des, 100.
— in Oel, 101.
— im offenen Feuer, 102.
— auf glühendem Eisen, 102.
— in Gasflammen, 103.
— in erhitztem Sande, 103.
— in geschmolzenem Blei, 104.
— langer Gegenstände, 104.
Arbeitsvorgang beim Härten häufig hergestellter Werkzeuge, 132.

Beimengungen im Stahle, unbeabsichtigte, 4.
— im Stahle, beabsichtigte, 5.
Benennung des Stahles, 1.
Beobachtungen an der Stahloberfläche, 15.
— am Bruche, 17.
Bruchaussehen nicht gehärteten Stahles, 16.
— Umstände, von welchen dasselbe abhängig ist, 18.
— gehärteten Stahles, 19, 61.

Carbidkohle, Carbid, 3.
Cementation, 108.
— mit Gasen, Roheisen, 116.
Centrumbohrer, Härten der, 133.
Chrom, 7.
Circularmesser, Härten der, 148.
Controle gehärteter Werkzeuge, Vorgang, 120.

Döpper, Härten der, 141.
Drehmesser, Härten der, 134.

Einbrennen, 111.
Einleitung, 1.
Eintheilung des Stahles nach Zusammensetzung, 3.
— des Stahles nach Härte und Verwendungszweck, 8.
Entkohlung, Schutzmittel dagegen, 108.

Fehler an gehärteten Werkzeugen, 121.
— im Gebrauche derselben, 126.
Festigkeitseigenschaften des Stahles, Verbesserung der, 127.
Fette zur Abkühlung des Stahles, 93.
Feuerbehandlung des Stahles, die Praxis der, 20.
Fixiren angelassenen Stahles, 105.
— Fehler hierbei, 106.
Fraiser, Härten, 138.

Gebläsewind, Einwirkung auf den Stahl, 28.

Digitized by Google

Gewindebacken, Härten der, 136.
Gewindebohrer, Härten der, 135.
Glühen des Stahles, 45.
— einzelner Werkzeuge, 46.
— im Glühkistchen, 46.
Glühofen, 47.
— mit grossem Glühtopfe, 49.
— mit mehreren kleinen Glühtöpfen, 50.
— für das Glühen langer Gegenstände, 50.
Graphit, 4.

Hämmer, Härten der, 141.
Hammergesenke, Härten der, 142.
Handmeissel, Härten der, 132.
Härten des Stahles und Einrichtungen hierfür, 50.
— des Stahles, Auswahl der Feuerungsanlagen, 50.
— des Stahles aus geschmolzenen Salzen, 53, 55.
— des Stahles aus geschmolzenen Metallen, 53.
— des Stahles, allgemeine Erläuterungen, 58.
— des Stahles zur Gänze, 67.
— des Stahles zum Theile, 73.
Härtepulver, Härteschmieren, 112.
Härtungskohle, 3.
Heber zur Abkühlung, 85.
Herzbohrer, Härten der, 133.
Hobelmesser, Härten der, 134.
Holzhobelmesser, Härten der, 147.
Holzkohle als Brennstoff, 27, 52.

Kanonenbohrer, Härten der, 138.
Kantenrisse, 16.
Kokse, harte, als Brennstoff, 21.
— weiche, als Brennstoff, 27.
Koksgries, 24.
Kreisscheerenmesser, Härten der, 144.
Kugeln, Härten der, 151.

Lederspaltmesser, Härten der, 147.
Licht, Einfluss auf die Temperaturbeobachtung, 31.
Lochstempel, Lochmatrizen, 150.

Magnetstahl, 13.
Mangan, 5.
— -Stahl, 6.
Maschinenmesser, Härten der, 147.
Metalle, geschmolzene, zum Erwärmen des Stahles, 53.
Metalle, geschmolzene, zur Abkühlung des Stahles, 93.
Molybdän, 8.
Muffelofen, 39.
— diverse, 44.

Nagelfabrikation, Werkzeuge hierzu, 153.
Nähte, 15.
Nickel, 7.
Nietensetzer, Härten der, 133.

Oberflächenhärtung, 108.
Oel als Abkühlungsflüssigkeit, 93.

Pressstempel, Härten der, 150.

Regeneriren im Feuer verdorbenen Stahles, 118.
Reibahlen, Härten der, 137.
Reissen des gehärteten Stahles aus dem Innern, 63.
— des gehärteten Stahles an der Oberfläche, 64.
— des gehärteten Stahles, Vorbeugung durch Anlassen, 68.
— des gehärteten Stahles, Vorbeugung durch Formgebung, 71.
Richten gehärteter Werkzeuge, 106.
Risse, 15.
Rohrschneidmesser, Härten der, 141.
Rohrfraiser, Härten der, 141.
Rundscheerenmesser, Härten der, 144.

Schachtglühöfen, Arbeitsvorgang daran, 47.
— mit Glühtopf und Glühkasten, 49.
— für lange Gegenstände, 50.
Schachtofen für harte Kokse, 22
— für Koks und Kohle, 32.
— für lange Gegenstände, 35.
— für Holzkohle, 35.
— für Schmiedekohle, 37.
— mit Muffel, 37.
Scheerenmesser, Härten der, 144.
Schmiedefeuer, 24.
— Umwandlung in Oefen, 25.
— Arbeitsvorgang daran, 29.
Schmiedeflammöfen, grosse mit Wind, 41.
— grosse mit Treppenrost, 41.
— kleine zu Kleinschmiedearbeiten, 42.
— mit doppeltem Herde, 42.
— diverse, 43.

Digitized by Google

Schmiedekohle, 23.
Schnitte, Härten der, 148.
Schrotmeissel, Härten der, 133.
Schuppen, 15.
Schweissen des Stahles, 118.
Silicium, 5.
Spannungen im nicht geglühten Stahle, 60.
— im gehärteten Stahle, 58.
Specialstahl, legirt, 9, 12.
— nicht legirt, 13.
— Drehstahl, 13.
Spiralbohrer, Härten der, 137.
Spur-Zapfen und -Pfannen, Härten der, 152.
Stanzmesser, Härten der, 147.
Steinbearbeitungswerkzeuge, Härten der, 153.

Temperkohle, 4.
Tiegelofen, 54.
Titan, 8.

Ueberhitzter Stahl, 118.
Ueberhitzung, Schutzmittel dagegen, 108.
Ungänzen im Stahle, 16.
Untersuchung der Fehler an Werkzeugen, 120.
Vanadium, 8.
Veränderungen des Stahles durch das Härten, 59.
Verbesserung der Festigkeitseigenschaften des Stahles, 127.
Verbrannter Stahl, 118.
Verglühter Stahl, 119.
Volumsveränderung des Stahles nach dem Querschnitte, 62.
— des Stahles nach der Länge, 65.
— des Stahles, Einfluss des Mangans, 67.
Vorgang bei der Controle gehärteter Werkzeuge, 120.

Walzen, Härten der, 156.
Walzendrehmesser, Härten der, 134.
Wasser als Abkühlungsflüssigkeit, 89—92.
Weichkernstahl, 14.
Wolfram, 6.

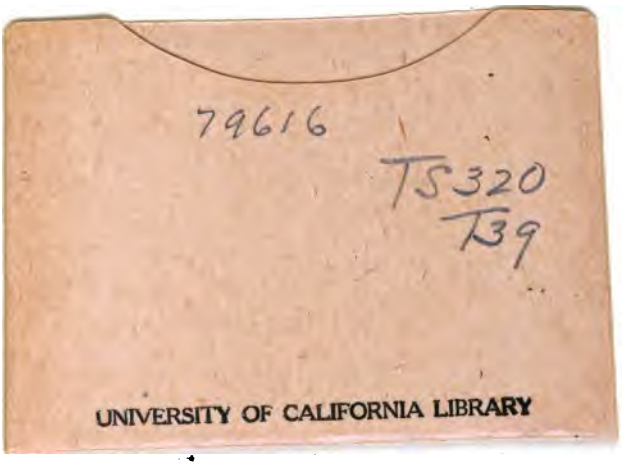
Zangen für das Härten, 78.
Ziehdorne, Härten der, 152.
Ziehringe, Härten der, 152.
Zugspannungen im Stahle, 63, 65.
Zusammensetzung des Stahles, 3.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

YC 13870



Digitized by Google

WILH. STEIN
BUCHBINDEREI